

บทที่ 3

ผลและการวิเคราะห์ผล

3.1 ผลของอัตราการป้อนต่อการบด

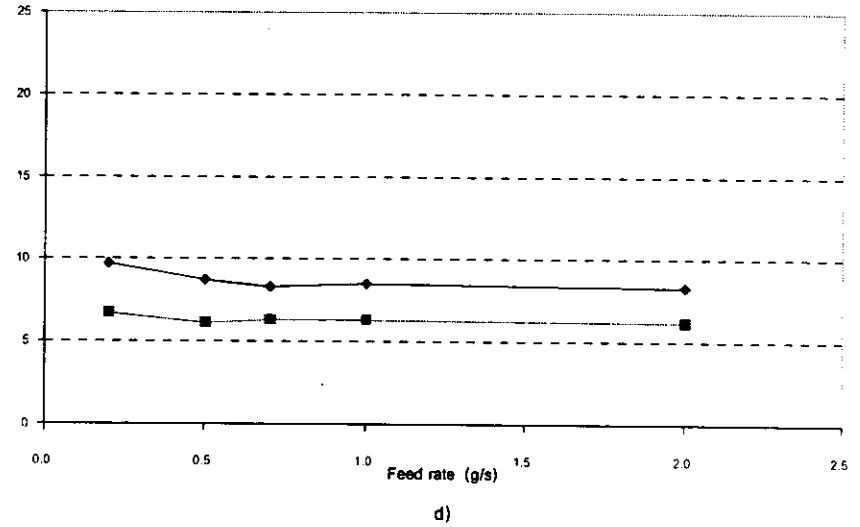
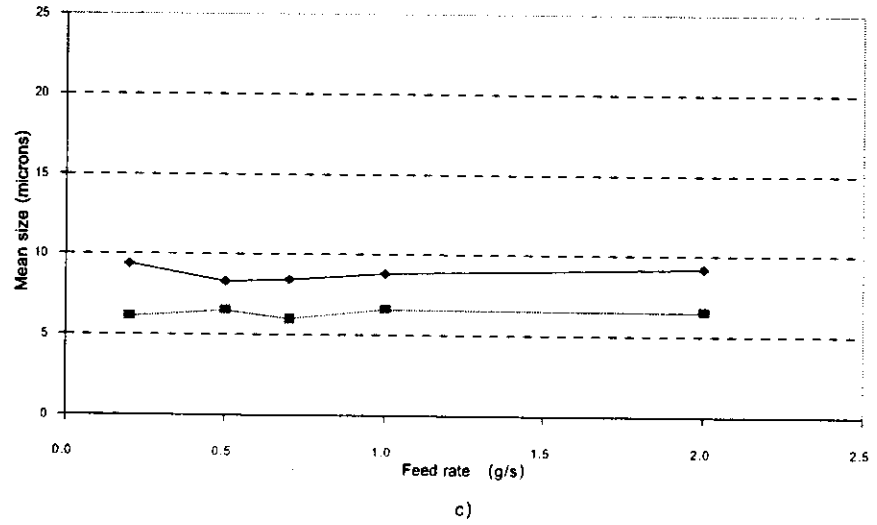
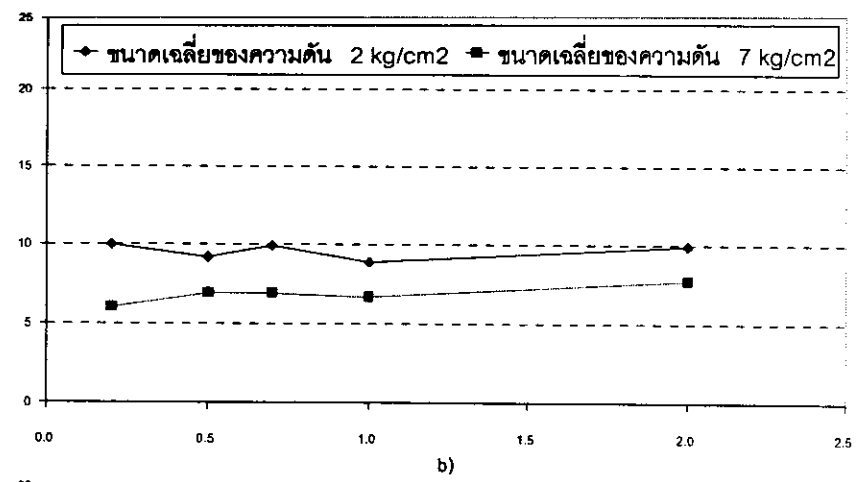
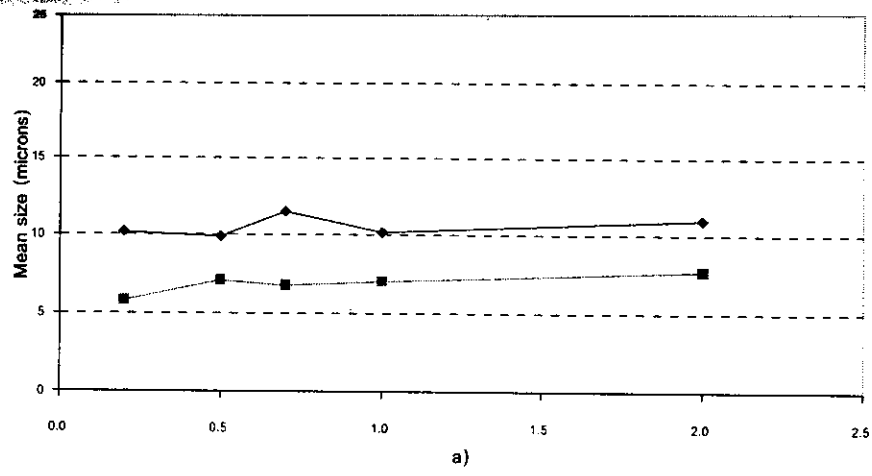
3.1.1 แร่ยิปซัม

จากการทดลองบดแร่ยิปซัม ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ -100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.1(a) ถึง รูปที่ 3.1(d) ซึ่งเป็นการนำขนาดแร่ยิปซัมที่บดได้ที่ 50% passing (d_{50}) ที่ใช้ความดัน 2 กก./ตร.ซม. และความดัน 7 กก./ตร.ซม. โดยมีขนาดแร่ป้อน -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช เปรียบเทียบกับค่าอัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที ปรากฏว่าแร่ยิปซัมที่มีขนาดแร่ป้อน -20+35 และ -35+65 เมช (รูปที่ 3.1a และ b) อัตราการป้อนมีผลต่อขนาดแร่ที่บดได้เล็กน้อย โดยที่ความดัน 2 กก./ตร.ซม. d_{50} มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออัตราการป้อนเพิ่มขึ้นจาก 0.2 จนถึง 2.0 กรัม/วินาที ส่วนเส้นกราฟที่ความดัน 7 กก./ตร.ซม. มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการป้อนเพิ่มขึ้นจาก 0.2 จนถึง 0.5 กรัม/วินาที หลังจากนั้นขนาดอนุภาคเกือบจะคงที่ เนื่องจากอัตราการป้อนตั้งแต่ 0.7 – 2.0 กรัม/วินาที เป็นช่วงการป้อนที่มีแร่อยู่ในระบบหนาแน่นมากเกินไป ทั้งนี้เพราะแร่ยิปซัมมีความถ่วงจำเพาะต่ำ (เท่ากับ 2.72) ทำให้ปริมาณเม็ดแร่ที่เข้าสู่ระบบการบดมีมาก การบดจึงไม่สมบูรณ์

สำหรับแร่ยิปซัมที่มีขนาดแร่ป้อน -65+100 และ -100+200 เมช (รูปที่ 3.1c และ d) อัตราการป้อนไม่มีผลต่อขนาดที่บดได้ โดยสังเกตเห็นว่าค่า d_{50} ที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม. มีค่าเกือบจะคงที่เมื่ออัตราการป้อนอยู่ในช่วง 0.2 - 2.0 กรัม/วินาที เนื่องจากใช้แร่ป้อนที่มีขนาดเล็กและมีความถ่วงจำเพาะต่ำ จึงทำให้ความหนาแน่นของอนุภาคที่อัตราการป้อนต่างๆไม่มีผลต่อ d_{50} ที่ได้มากนัก เพราะว่าอนุภาคที่เข้าสู่ระบบจะเคลื่อนที่สัมผัสด้วยความเร็วต่ำ (ไมเมนตัมต่ำ) ซึ่งอนุภาคขนาดเล็กจะไม่สามารถทะลุทะลวงเข้าไปสู่โซนการบดได้มากนัก จึงถูกแยกออกจากโซนนี้ด้วยอากาศ (Eskin et al, 1999)

ขนาดอนุภาค (d_{50}) ที่ได้จากการบดแร่ของทุกขนาดแร่บ่อนมีช่วงความแตกต่างเนื่อง
จากความดันทั้งสองค่า โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ± 2 ไมครอน และจากรูปที่ 3.1 พบว่าความดันจะ
มีผลต่อขนาด d_{50} อย่างเห็นได้ชัด

3.1.2 แร่แบไรต์



รูปที่ 3.1 ผลของอัตราการป้อนต่อขนาดเฉลี่ยของเรย์ปซั่มที่ได้จากการบดแร่ขนาดต่างๆ ด้วยเครื่องบด Jet mill ที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม.

a) แร่ป้อน -20+35 เมช

b) แร่ป้อน -35+65 เมช

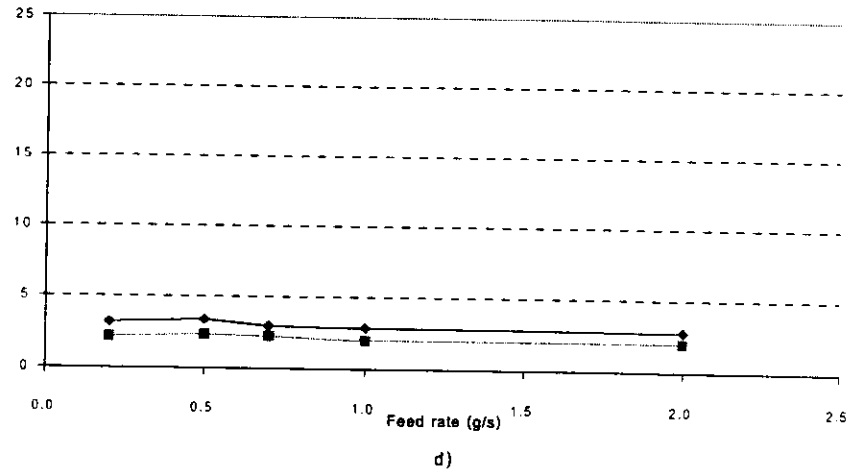
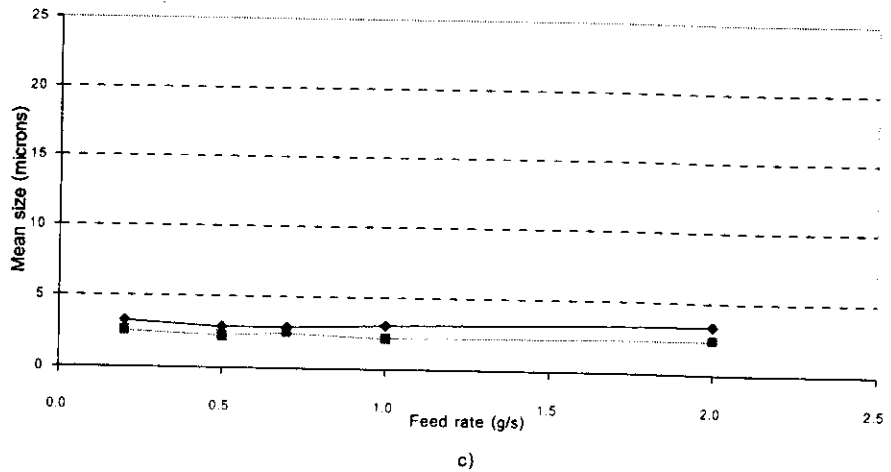
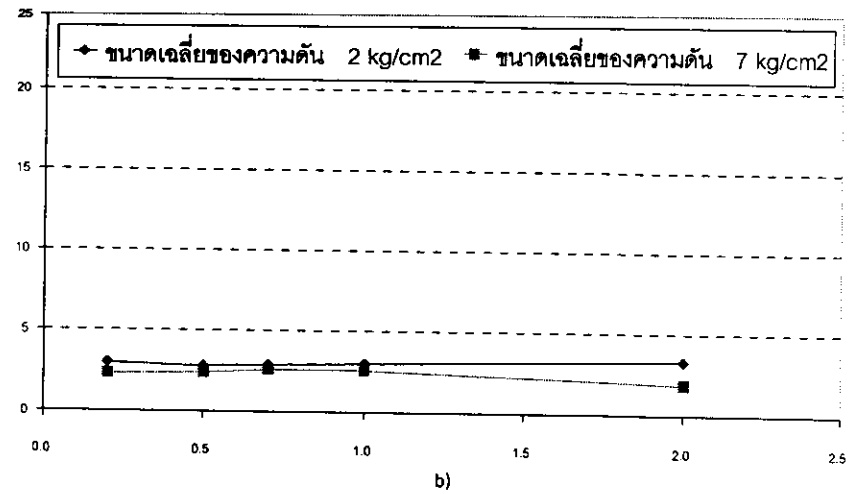
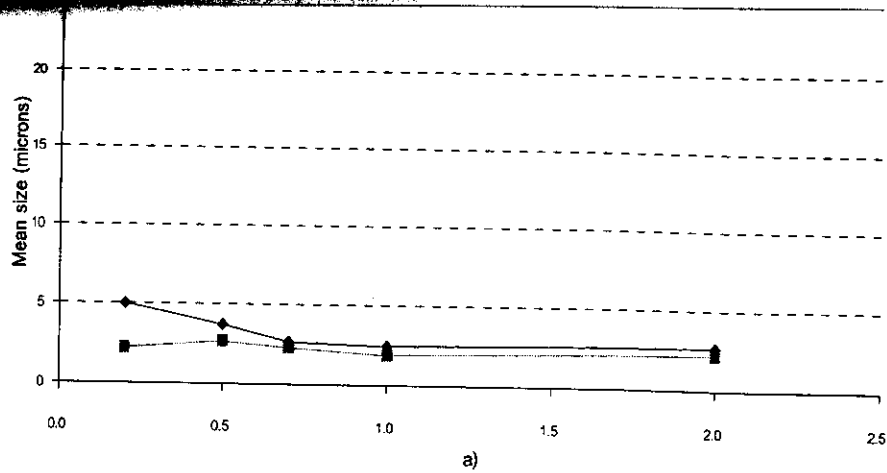
c) แร่ป้อน -65+100 เมช

d) แร่ป้อน -100+200 เมช

3.1.2 แร่แบไรต์

จากการทดลองบดแร่แบไรต์ ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ -100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.2(a) ถึง รูปที่ 3.2(d) ซึ่งเป็นการนำขนาดแร่แบไรต์ที่บดได้ (d_{50}) ที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม. โดยที่มีขนาดแร่ป้อน -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช เปรียบเทียบกับค่าอัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที ปรากฏว่าอัตราการป้อนไม่มีผลต่อ d_{50} เมื่อบดแร่แบไรต์ที่มีขนาดแร่ป้อน -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช ไม่ว่าจะบดด้วยความดัน 2 หรือ ความดัน 7 กก./ตร.ซม. ก็ตาม กล่าวคือ เมื่อปรับอัตราการป้อนเพิ่มขึ้นขนาดอนุภาคที่ได้มีขนาดไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากแร่แบไรต์เป็นแร่ที่บดได้ง่ายกว่า เพราะแร่แบไรต์เป็นแร่ที่มีลักษณะเด่น คือ Cleavage ตามธรรมชาติ ดังนั้นจะเห็นว่าที่ความดัน 2 กก./ตร.ซม. ก็สามารถบดแร่แบไรต์ได้ละเอียดดีมาก เมื่อใช้ความดันเพิ่มขึ้นจึงไม่ค่อยมีผล กอปรกับแร่แบไรต์เป็นแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 4.2 จึงทำให้มีความหนาแน่นของอนุภาคในโซนการบดที่พอเหมาะ แม้จะใช้ขนาดแร่ป้อนและอัตราการป้อนที่แตกต่างกันไป

ขนาดอนุภาค(d_{50}) ที่ได้จากการบดของทุกขนาดแร่ป้อนมีช่วงความแตกต่างเนื่องจากความดันทั้งสองค่า โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ± 0.5 ไมครอน และจากรูปที่ 3.2 พบว่าความดันมีผลต่อขนาด d_{50} เล็กน้อย



รูปที่ 3.2 ผลของอัตราการป้อนต่อขนาดเฉลี่ยของแร่ไบรต์ที่ได้จากการบดแร่ขนาดต่างๆ ด้วยเครื่องบด Jet mill ที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม.

a) แร่ป้อน -20+35 เมช

b) แร่ป้อน -35+65 เมช

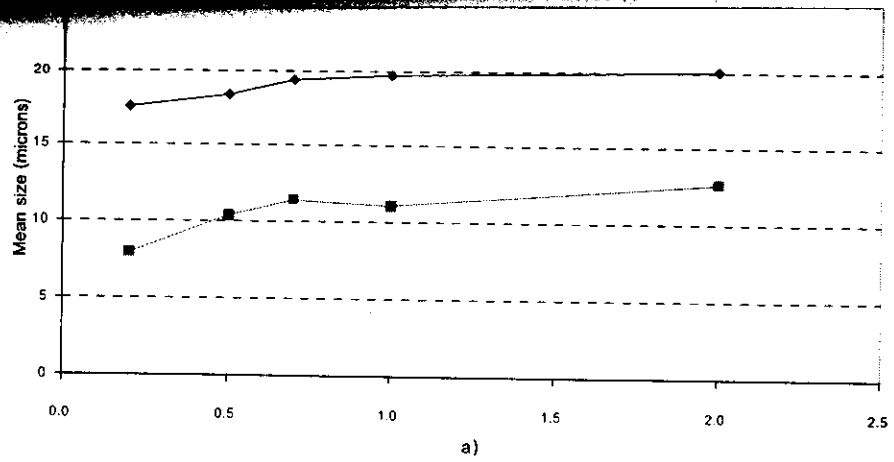
c) แร่ป้อน -65+100 เมช

d) แร่ป้อน -100+200 เมช

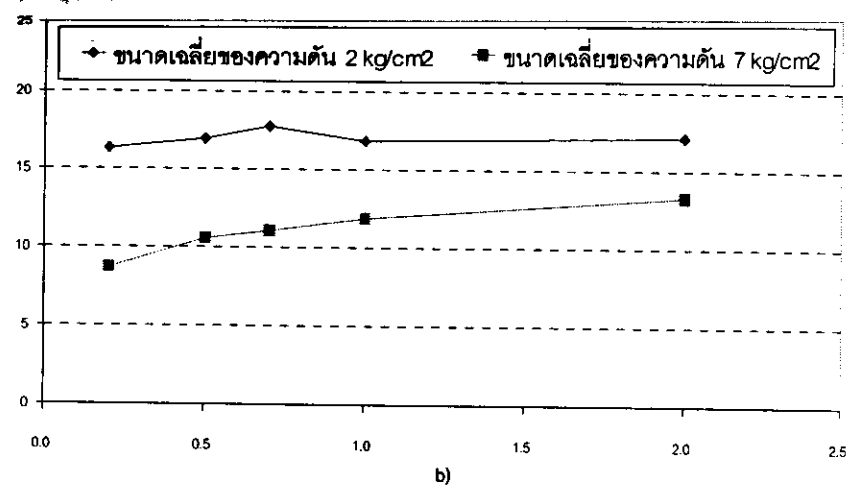
3.1.3 เฟอโรโรซิลิกอน

จากการทดลองบดเฟอโรโรซิลิกอน ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ -100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.3(a) ถึง รูปที่ 3.3(d) ซึ่งเป็นการนำขนาด d_{50} ของเฟอโรโรซิลิกอนที่บดได้ภายใต้ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม. โดยใช้ขนาดแร่ป้อน -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช เปรียบเทียบกับค่าอัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที ปรากฏว่าอัตราการป้อนของทุกขนาดมีผลต่อขนาด d_{50} ที่บดได้ โดยที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม. มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการป้อนเพิ่มขึ้นจาก 0.2 จนถึง 0.7 กรัม/วินาที และเส้นกราฟเกือบจะคงที่เมื่อใช้อัตราการป้อนเพิ่มขึ้นเป็น 1.0 และ 2.0 กรัม/วินาที โดยเฉพาะที่แร่ป้อนมีขนาดเล็กลง เพราะอัตราการป้อนช่วงนี้ทำให้ความหนาแน่นของอนุภาคในระบบมีมากเกินไป กอปรกับเฟอโรโรซิลิกอนมีความแข็งมากกว่าแร่แบไรต์ ขนาดที่บดได้ที่ภาวะเดียวกันจึงโตกว่า

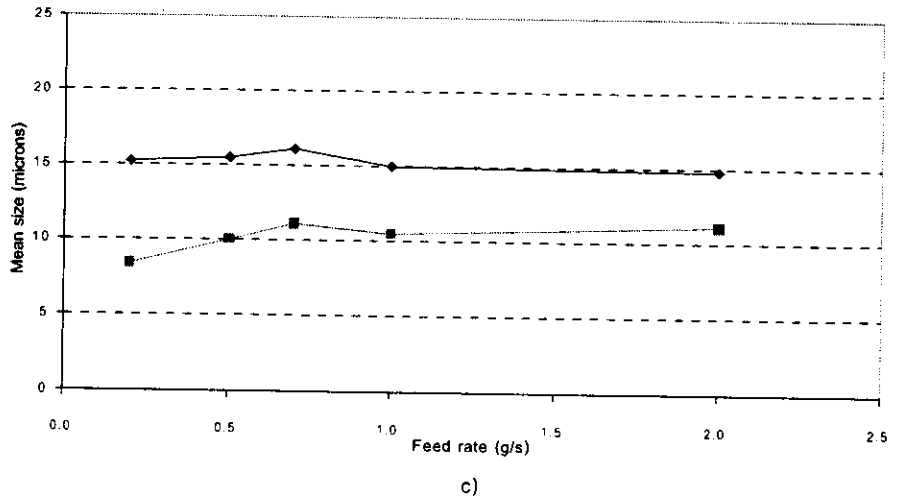
ขนาดอนุภาค(d_{50}) ที่ได้จากการบดในทุกขนาดแร่ป้อนมีช่วงความแตกต่างเนื่องจากความดันทั้งสองค่า โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ± 2.5 ไมครอน และจากรูปที่ 3.3 พบว่าความดันจะมีผลต่อขนาด d_{50} อย่างเห็นได้ชัด



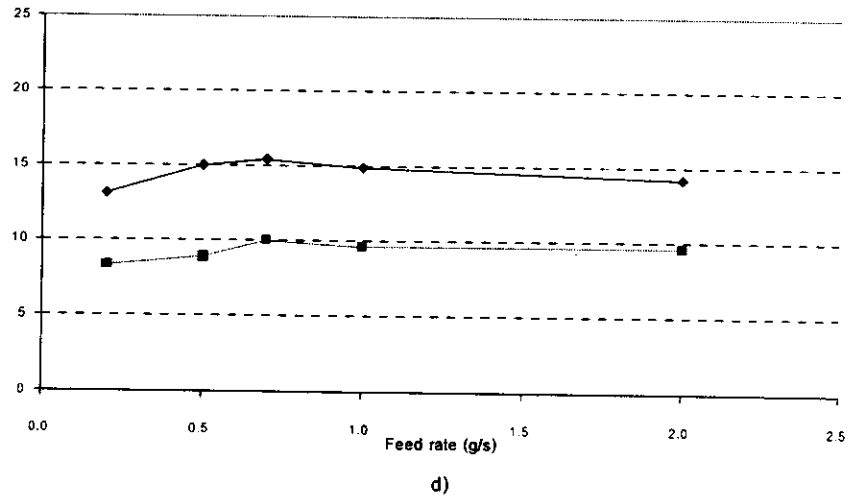
a)



b)



c)



d)

รูปที่ 3.3 ผลของอัตราการป้อนต่อขนาดเฉลี่ยของเฟอร์โรซิลิกอนที่ได้จากการบดแร่ขนาดต่างๆ ด้วยเครื่องบด Jet mill ที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม.

a) แร่ป้อน -20+35 เมช

b) แร่ป้อน -35+65 เมช

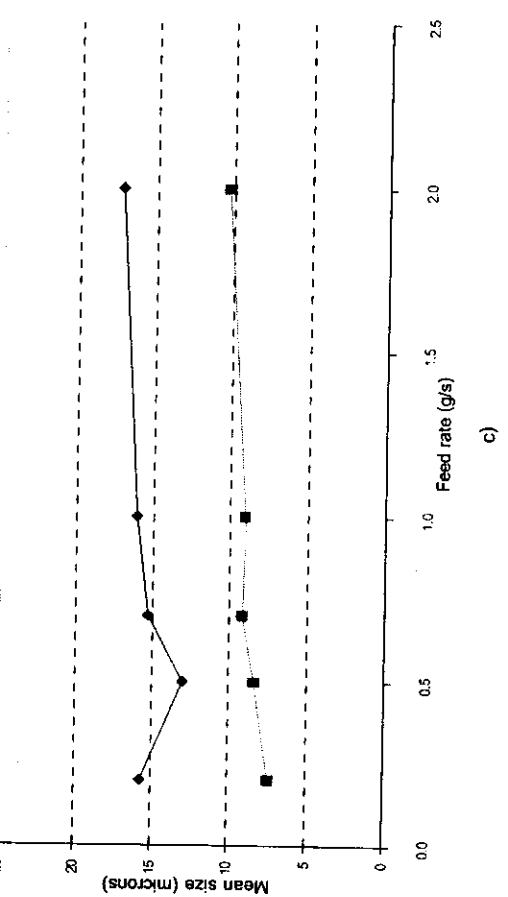
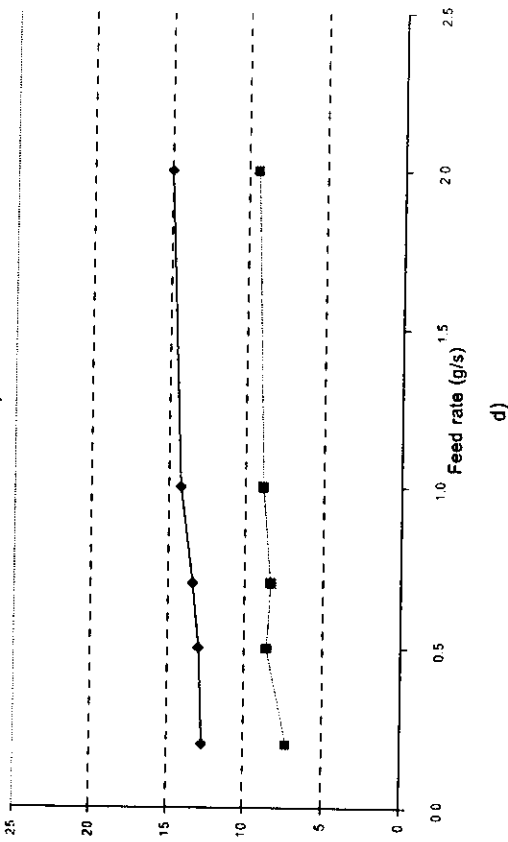
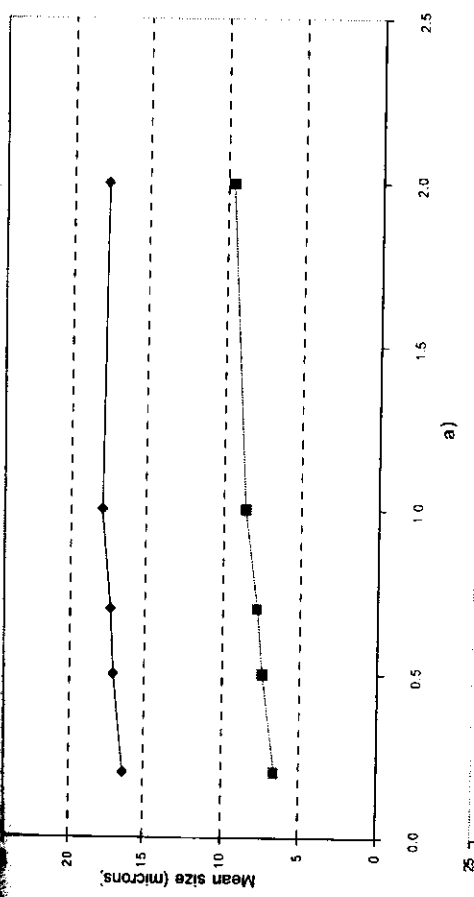
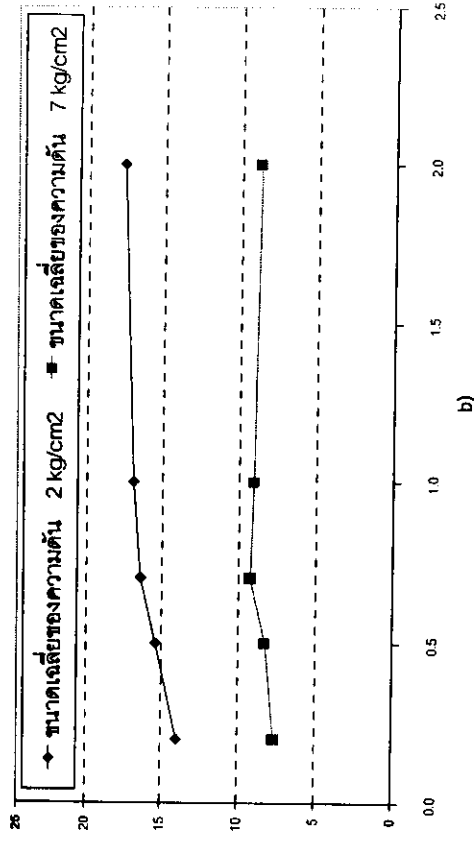
c) แร่ป้อน -65+100 เมช

d) แร่ป้อน -100+200 เมช

3.1.4 แร่ควอร์ตซ์

จากการทดลองบดแร่ควอร์ตซ์ ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ -100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.4(a) ถึง รูปที่ 3.4(d) ซึ่งเป็นการนำขนาด d_{50} ของแร่ควอร์ตซ์ที่บดได้ภายใต้ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม. โดยใช้ขนาดแร่ป้อน -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช เปรียบเทียบกับค่าอัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที ปรากฏว่าอัตราการป้อนของแร่ป้อนทุกขนาดมีผลต่อขนาด d_{50} ที่บดได้ โดยที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม. d_{50} มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการป้อนเพิ่มขึ้นจาก 0.2 จนถึง 0.5 กรัม/วินาที และเส้นกราฟจะคงที่เมื่อใช้อัตราการป้อนเพิ่มขึ้นเป็น 0.7 และ 2.0 กรัม/วินาที แร่ควอร์ตซ์มีความแข็งมากกว่าเฟอร์โรซิลิกอนและไม่มีรอยแตกแนวเรียบ (Cleavage) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า d_{50} ที่บดได้จากภาวะเดียวกันกับเฟอร์โรซิลิกอน จะถูกบดได้ขนาดเล็กกว่าเฟอร์โรซิลิกอน ทั้งนี้เพราะตัวอย่างเฟอร์โรซิลิกอนมีรูปพรุน ความพรุนอาจมีผลต่อขนาด d_{50} ที่ได้

ขนาดอนุภาค(d_{50}) ที่ได้จากการบดของทุกขนาดแร่ป้อนมีช่วงความแตกต่างเนื่องจากความดัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ± 2.5 ไมครอน และจากรูปที่ 3.4 พบว่าความดันจะมีผลต่อขนาด d_{50} อย่างเห็นได้ชัด



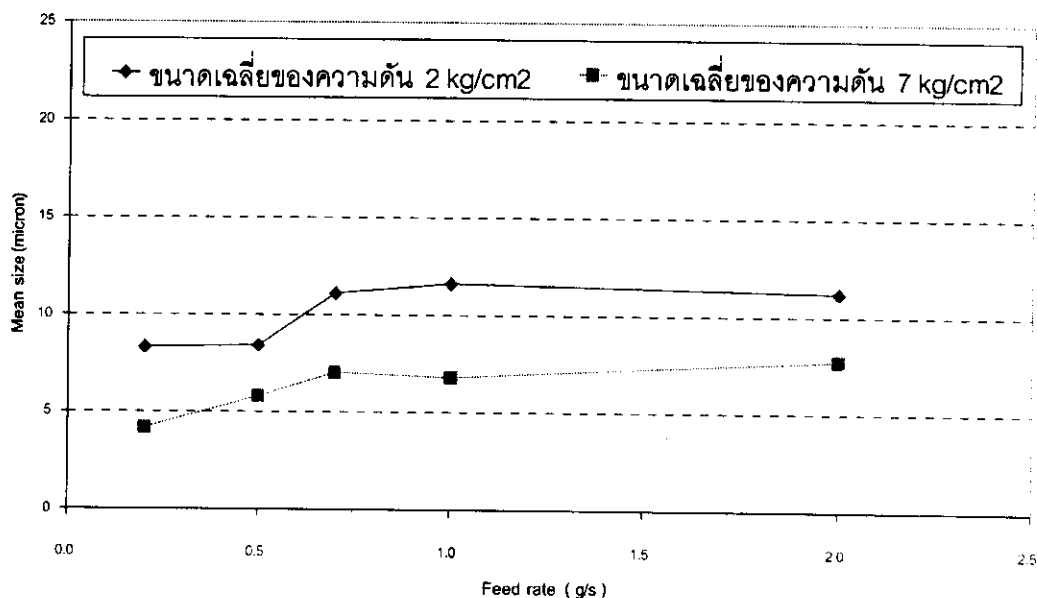
รูปที่ 3.4 ผลของอัตราการป้อนต่อขนาดเฉลี่ยของแร่ควออตซ์ที่ได้จากการบดแร่ขนาดต่างๆ ด้วยเครื่องบด Jet mill ที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม.

a) แร่ป้อน -20+35 เมช b) แร่ป้อน -35+65 เมช c) แร่ป้อน -65+100 เมช d) แร่ป้อน -100+200 เมช

3.1.5 แร่ซิลิเกต

จากการทดลองบดแร่ซิลิเกตด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.5 จะเห็นได้ว่าเมื่อบดแร่ซิลิเกตที่มีขนาดแร่ป้อน -35+65 เมช ที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม. ค่า d_{50} จะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากอัตราการป้อน 0.2 - 0.7 กรัม/วินาที และหลังจากนั้นจะมีค่าคงที่เมื่ออัตราการป้อนมากกว่า 0.7 กรัม/วินาที ความสัมพันธ์ของ d_{50} และอัตราการป้อนของแร่ซิลิเกตคล้ายกับควอร์ตซ์และเฟอร์โรซิลิกอน แต่จะบดได้ง่ายกว่า

ขนาดอนุภาค(d_{50}) ที่ได้จากการบดในทุกขนาดแร่ป้อนมีช่วงความแตกต่างเนื่องจากความดันทั้งสองค่า โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ± 2 ไมครอน และจากรูปที่ 3.5 พบว่าความดันจะมีผลต่อขนาด d_{50} อย่างเห็นได้ชัด



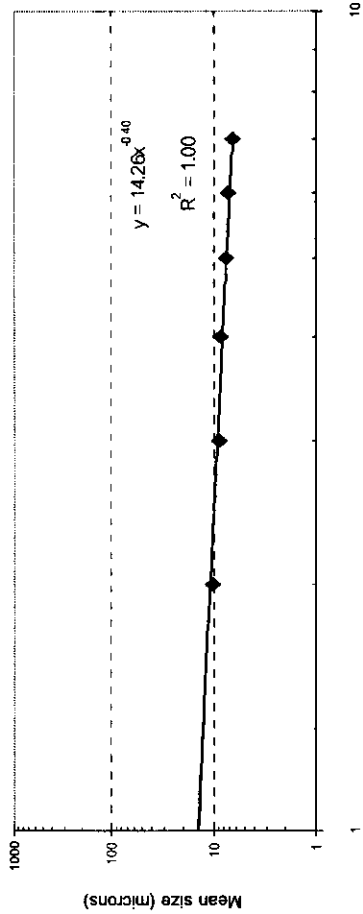
รูปที่ 3.5 ผลของอัตราการป้อนต่อขนาดเฉลี่ยของแร่ซิลิเกต ที่ได้จากการบดแร่ป้อนขนาด -35+65 เมช ด้วยเครื่องบด Jet mill ที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม.

3.2 ผลของความดันต่อการบด

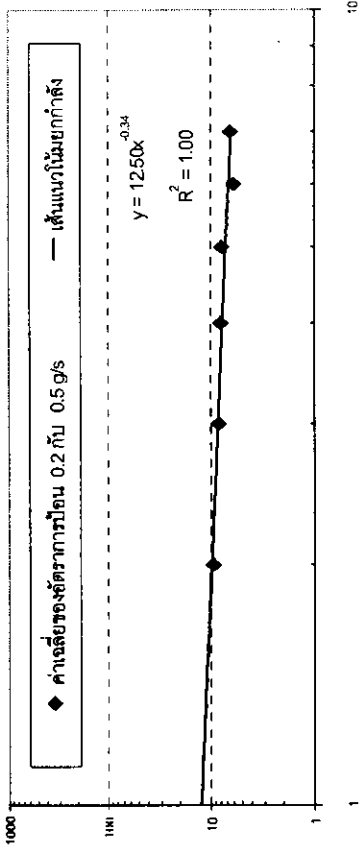
3.2.1 แร่ยิปซัม

จากการทดลองบดแร่ยิปซัม ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ -100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.6(a) ถึง รูปที่ 3.6(d) ซึ่งเป็นการนำค่าเฉลี่ย d_{50} ของแร่ยิปซัมที่บดได้ที่อัตราการป้อน 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที โดยใช้ขนาดแร่ป้อน -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช เปรียบเทียบกับค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. ปรากฏว่าค่าเฉลี่ย d_{50} ของแร่บดมีความสัมพันธ์กับความดัน คือ เมื่อเพิ่มความดันจะทำให้สามารถบดอนุภาคได้ละเอียดยิ่งขึ้น เนื่องจากความดันสูงขึ้นทำให้อนุภาคมีความเร็วในการพุ่งเข้าชนมีมากขึ้น โมเมนตัมในการชนของอนุภาคกับอนุภาคและอนุภาคกับผนังเครื่องบดจึงมีมากขึ้นด้วย จึงทำให้อนุภาคมีการแตกมากขึ้น โดยทั่วไปขนาดของอนุภาคที่สามารถออกจากห้องบดได้ขึ้นอยู่กับความเร็วเชิงมุมของอนุภาคที่เกิดจากความดันของอากาศตามสมการที่(1.2) กล่าวคือ เมื่อความดันสูงขึ้น ความเร็วเชิงมุมของอนุภาคก็สูงขึ้นทำให้ขนาดของอนุภาคที่ออกจากห้องบดได้มีขนาดเล็กลงนั่นเอง

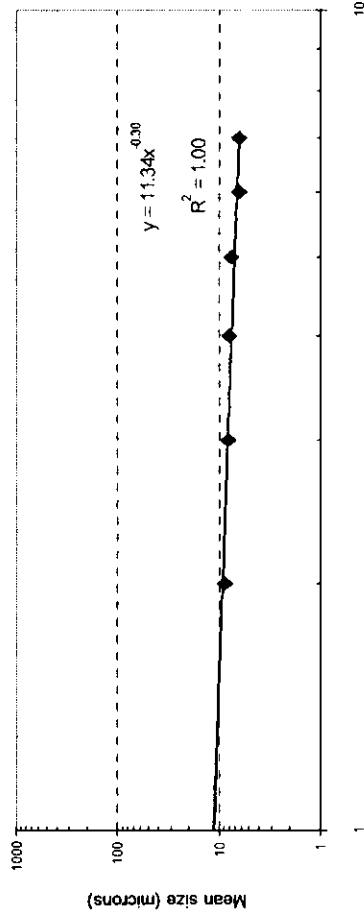
ที่แร่ป้อนขนาด -20+35 เมช พบว่า d_{50} มีความสัมพันธ์กับความดันชัดเจนและเมื่อลากเส้นแนวโน้มสามารถใช้ความสัมพันธ์แบบสมการยกกำลัง เช่นเดียวกับผลที่ได้จากขนาดแร่ป้อนขนาดอื่นๆ (ตารางที่ 3.1)



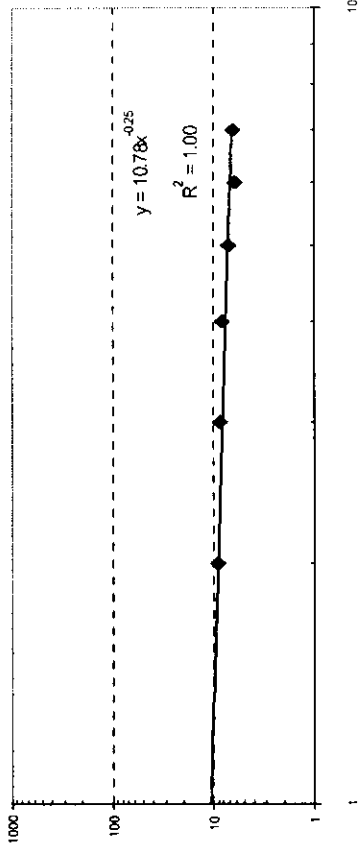
a)



b)



c)



d)

รูปที่ 3.6 ผลของความดันต่อขนาดเฉลี่ยของเรปที่บดที่ได้จากการบดแร่ขนาดต่างๆ ด้วยเครื่องบด Jet mill ที่ความดัน 2 ถึง 7 กก./ตร.ซม.

a) แร่บด -20+35 เมช

b) แร่บด -35+65 เมช

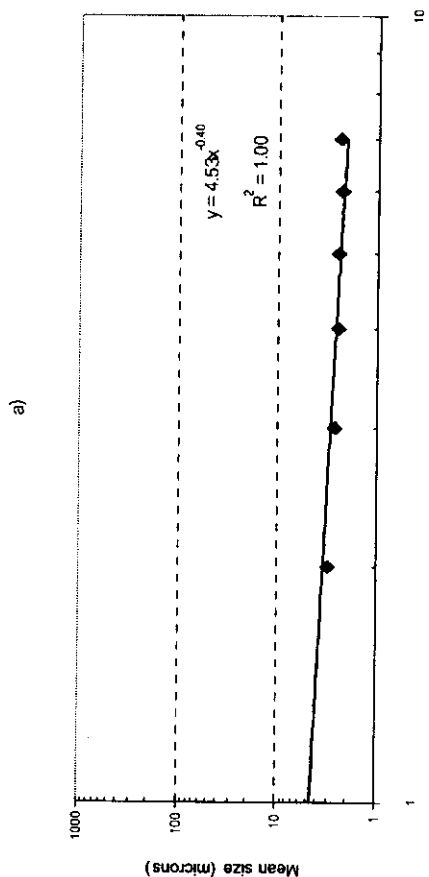
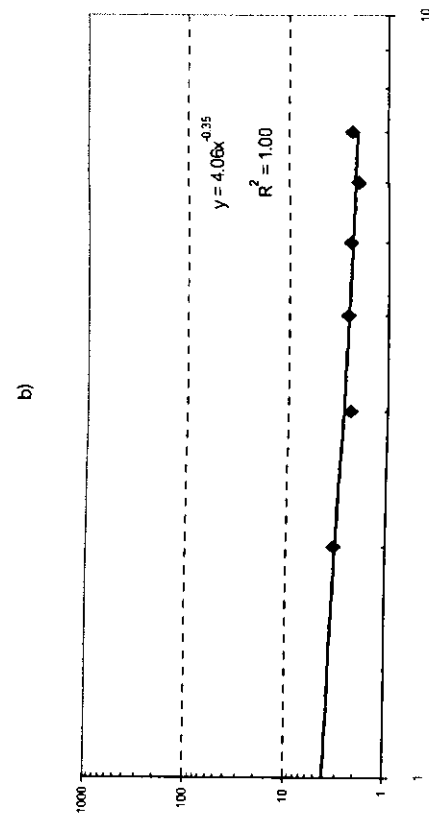
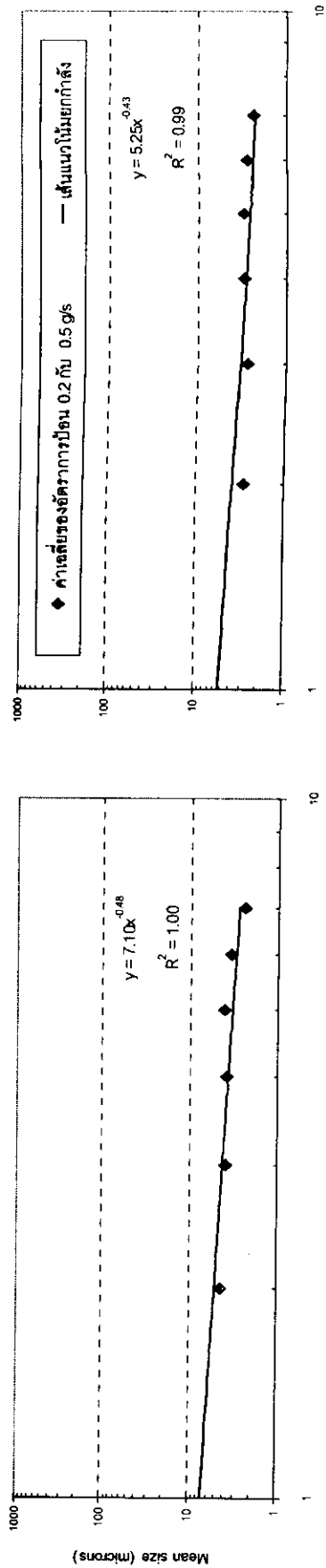
c) แร่บด -65+100 เมช

d) แร่บด -100+200 เมช

3.2.2 แร่แบไรต์

จากการทดลองบดแร่แบไรต์ ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ -100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.7(a) ถึง รูปที่ 3.7(b) ซึ่งเป็นการนำค่าเฉลี่ย d_{50} ของแร่แบไรต์ที่บดได้ที่อัตราการป้อน 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที โดยใช้ขนาดแร่ป้อน -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช เปรียบเทียบกับค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. ปรากฏว่าค่าเฉลี่ย d_{50} ของแร่บดมีความสัมพันธ์กับความดัน คือ เมื่อเพิ่มความดันจะทำให้สามารถบดอนุภาคได้ละเอียดยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับผลที่ได้จากการบดแร่ยิปซัม ซึ่งเมื่อความดันสูงขึ้นทำให้อนุภาควิ่งชนกันด้วยแรงมากขึ้นและแตกมากขึ้นเมื่อความดันสูงขึ้น จะทำให้การแตกที่ได้มีขนาดละเอียดมากขึ้น อย่างไรก็ตามแร่แบไรต์เป็นแร่อ่อนที่มีแนวแตกตามธรรมชาติที่สามารถแตกได้ง่ายที่ความดันไม่สูงนัก ประมาณ 2 กก./ตร.ซม. ก็สามารถบดได้ละเอียด ดังนั้นเมื่อเพิ่มความดันให้สูงขึ้นก็ไม่ทำให้ผลการบดแตกต่างกันมากนัก (รูปที่ 3.2)

ที่แร่ป้อนขนาด -20+35 เมช พบว่า d_{50} มีความสัมพันธ์กับความดันชัดเจนและเมื่อลากเส้นแนวโน้มสามารถใช้ความสัมพันธ์แบบสมการยกกำลัง เช่นเดียวกับผลที่ได้จากขนาดแร่ป้อนขนาดอื่นๆ (ตารางที่ 3.1)



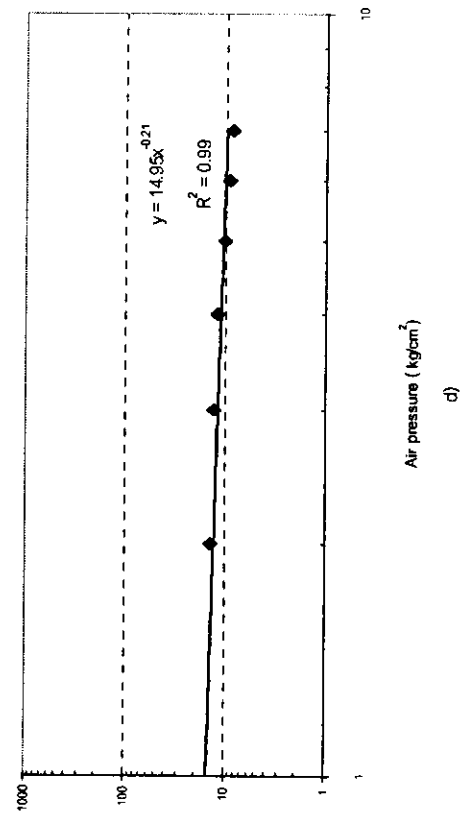
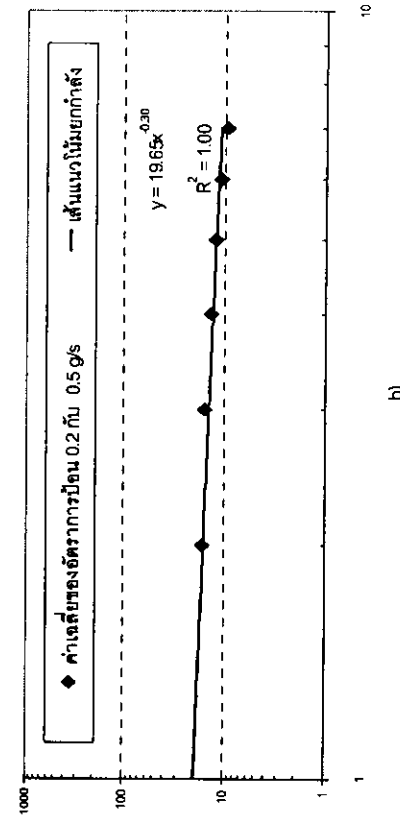
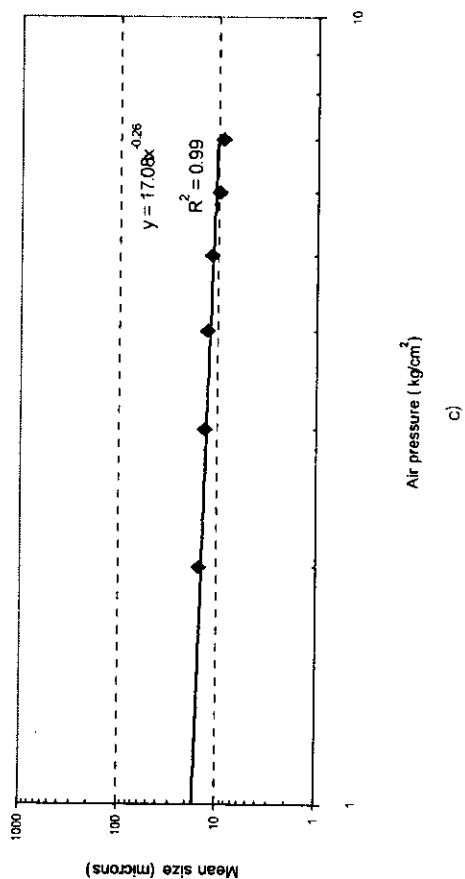
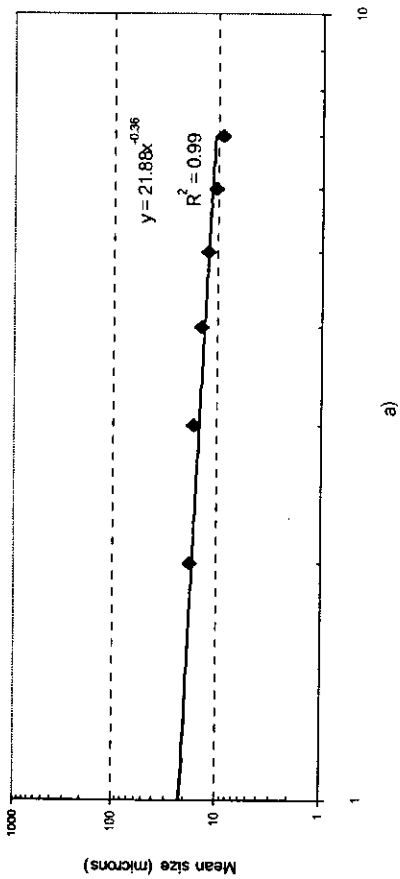
รูปที่ 3.7 ผลของความดันต่อขนาดเฉลี่ยของแบริ่งที่ได้จากการบดแร่ขนาดต่างๆ ด้วยเครื่องบด Jet mill ที่ความดัน 2 ถึง 7 กก./ตร.ซม.

- a) แบริ่ง -20+35 เมช
- b) แบริ่ง -35+65 เมช
- c) แบริ่ง -65+100 เมช
- d) แบริ่ง -100+200 เมช

3.2.3 เฟอริโรซิลิกอน

จากการทดลองบดเฟอริโรซิลิกอน ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการบดตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ -100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.8(a) ถึง รูปที่ 3.8(d) ซึ่งเป็นการนำค่าเฉลี่ย d_{50} ของเฟอริโรซิลิกอนที่บดได้ที่อัตราการบด 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที โดยใช้ขนาดแร่ป้อน -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช เปรียบเทียบกับค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ย d_{50} ของแร่บดมีความสัมพันธ์กับความดัน คือ เมื่อเพิ่มความดันจะทำให้สามารถบดอนุภาคได้ละเอียดยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับผลที่ได้จากการบดแร่ยิปซัมและแบไรต์ ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกันแต่จากรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าความดันมีอิทธิพลต่อ d_{50} ของเฟอริโรซิลิกอนมากกว่าแร่ยิปซัม(รูปที่ 3.1) และแร่แบไรต์(รูปที่ 3.2) โดยสังเกตจากความห่างของเส้นกราฟทั้งสองเส้น

ที่แร่ป้อนขนาด -20+35 เมช พบว่า d_{50} มีความสัมพันธ์กับความดันชัดเจนและเมื่อลากเส้นแนวโน้มสามารถใช้ความสัมพันธ์แบบสมการยกกำลัง เช่นเดียวกับผลที่ได้จากขนาดแร่ป้อนขนาดอื่นๆ (ตารางที่ 3.1)



รูปที่ 3.8 ผลของความดันต้นขนาดเฉลี่ยของเฟอริซิลิกอนที่ได้จากการบดแผ่นขนาดต่างๆ ด้วยเครื่องบด Jet mill ที่ความดัน 2 ถึง 7 กก./ตร.ซม.

a) แร่ป้อน -20+35 เมช

b) แร่ป้อน -35+65 เมช

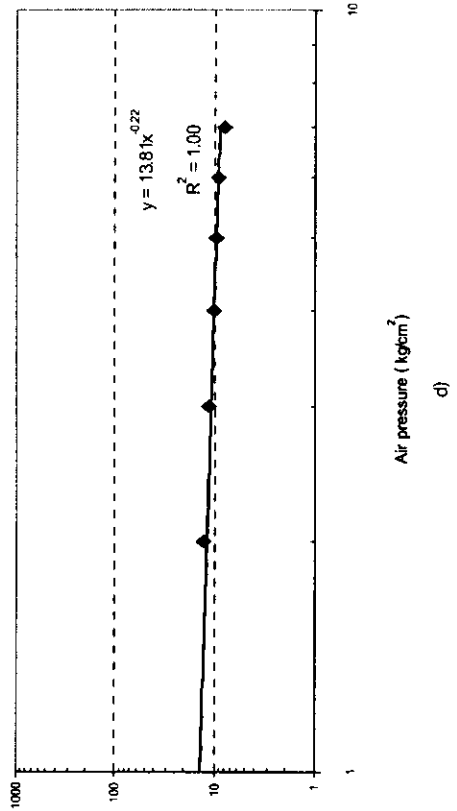
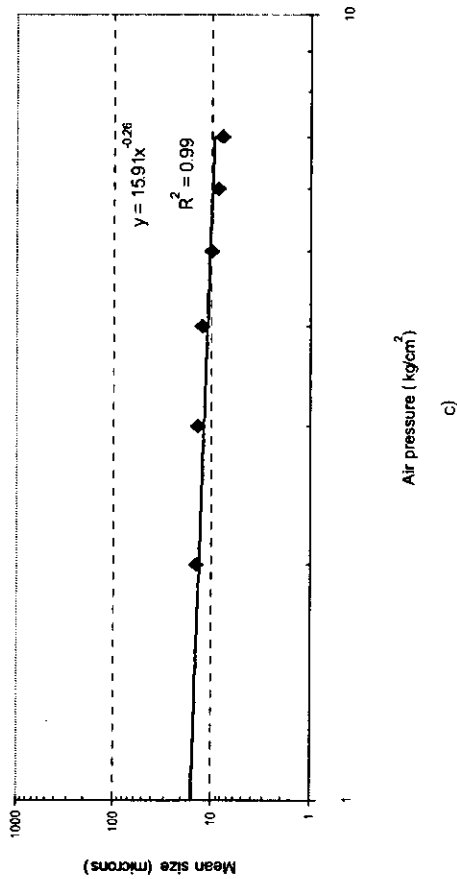
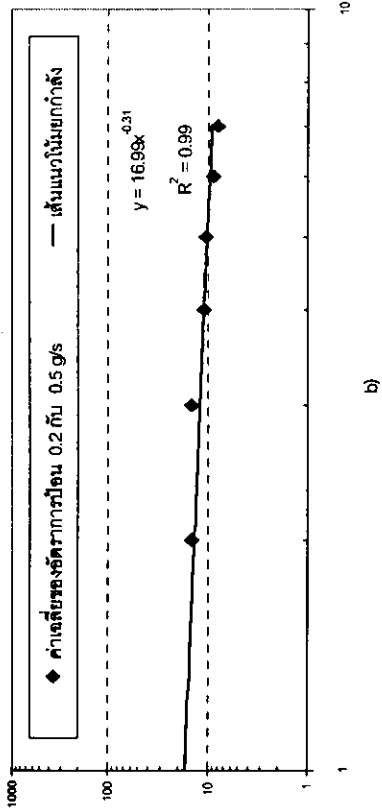
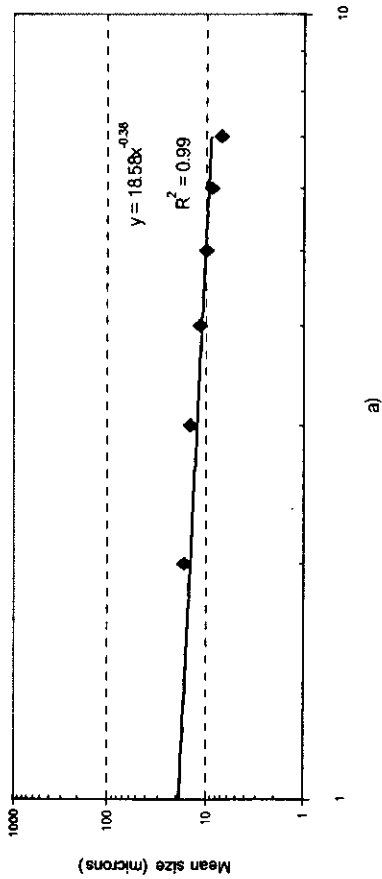
c) แร่ป้อน -65+100 เมช

d) แร่ป้อน -100+200 เมช

3.2.4 แร่ควอร์ตซ์

จากการทดลองบดแร่ควอร์ตซ์ ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ -100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.9(a) ถึง รูปที่ 3.9(d) ซึ่งเป็นการนำค่าเฉลี่ย d_{50} ของแร่ควอร์ตซ์ที่บดได้ที่อัตราการป้อน 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที ที่มีขนาดแร่ป้อน -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช เปรียบเทียบกับค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. ปรากฏว่าค่าเฉลี่ย d_{50} ของแร่บดมีความสัมพันธ์กับความดัน คือ เมื่อเพิ่มความดันจะทำให้สามารถบดอนุภาคได้ละเอียดยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับผลที่ได้จากการบดเฟอร์โรซิลิกอน

ที่แร่ป้อนขนาด -20+35 เมช พบว่า d_{50} มีความสัมพันธ์กับความดันชัดเจนและเมื่อลากเส้นแนวโน้มสามารถใช้ความสัมพันธ์แบบสมการยกกำลัง เช่นเดียวกับผลที่ได้จากขนาดแร่ป้อนขนาดอื่นๆ (ตารางที่ 3.1)



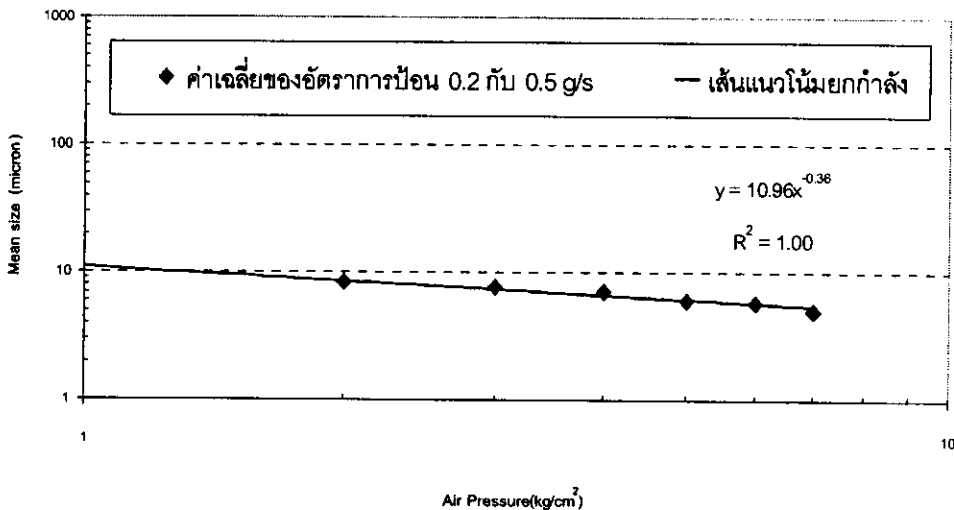
รูปที่ 3.9 ผลของความดันต้นขนาดเฉลี่ยของแรงควอตซ์ที่ได้จากการบดแร่ขนาดต่างๆ ด้วยเครื่องบด Jet mill ที่ความดัน 2 ถึง 7 กก./ตร.ซม.

a) แร่บ่อน -20+35 เมช b) แร่บ่อน -35+65 เมช c) แร่บ่อน -65+100 เมช d) แร่บ่อน -100+200 เมช

3.2.5 แร่ซิลิเกต

จากการทดลองบดแร่ซิลิเกต ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.10 ซึ่งเป็นการนำค่าเฉลี่ย d_{50} ของแร่ซิลิเกตที่บดได้ที่อัตราการป้อน 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที ที่มีขนาดแร่ป้อน -35+65 เมช มาเขียนกราฟเปรียบเทียบกับค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. ปรากฏว่าค่าเฉลี่ย d_{50} ของแร่บดมีความสัมพันธ์กับความดัน คือ เมื่อเพิ่มความดันจะทำให้สามารถบดอนุภาคได้ละเอียดยิ่งขึ้น

ที่แร่ป้อนขนาด -35+65 เมช ของแร่ซิลิเกต มีความสัมพันธ์กับความดันชัดเจนและเมื่อลากเส้นแนวโน้มสามารถใช้ความสัมพันธ์แบบสมการยกกำลัง ดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.10 ผลของความดันต่อขนาดเฉลี่ยของแร่ซิลิเกตที่ได้จากการบดแร่ป้อนขนาด -35+65 เมช ด้วยเครื่องบด Jet mill ที่ความดัน 2 ถึง 7 กก./ตร.ซม.

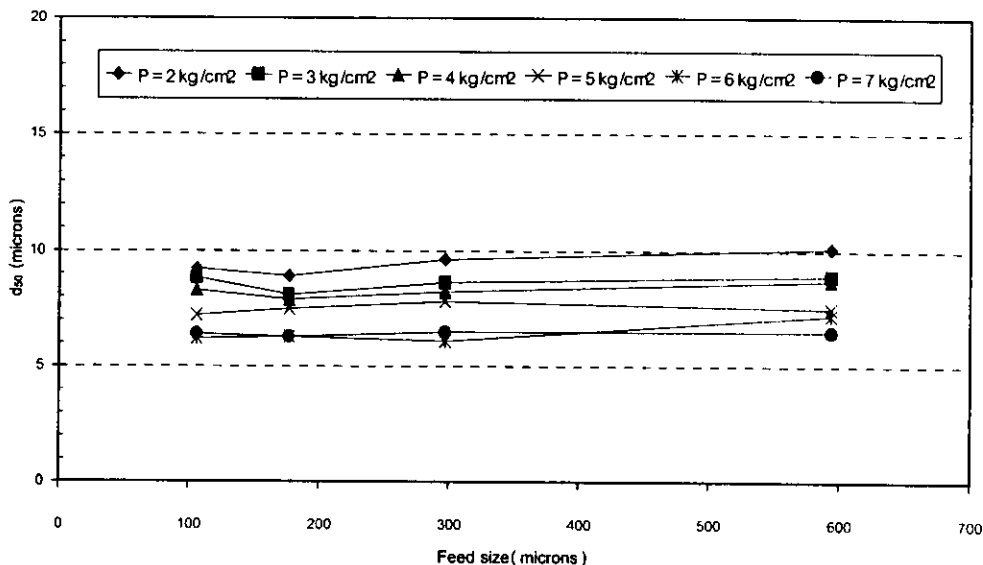
ตารางที่ 3.1 สมการยกกำลังที่ได้จากการบดแร่ยิปซัม แบริต์ อิลเมไนต์ เฟอร์โรซิลิกอน และ ควอร์ตซ์ ด้วยแร่ป้อนขนาดต่างๆกัน

ตัวอย่างแร่	ขนาดแร่ป้อน (เมช)	ค่า R^2	สมการยกกำลัง
ยิปซัม	-20+35	1.00	$y = 14.26x^{-0.40}$
	-35+65	1.00	$y = 12.50x^{-0.34}$
	-65+100	1.00	$y = 11.34x^{-0.30}$
	-100+200	1.00	$y = 10.78x^{-0.25}$
แบไรต์	-20+35	1.00	$y = 7.10x^{-0.48}$
	-35+65	0.99	$y = 5.25x^{-0.43}$
	-65+100	1.00	$y = 4.53x^{-0.40}$
	-100+200	1.00	$y = 4.06x^{-0.35}$
อิลเมไนต์	-35+65	1.00	$y = 10.96x^{-0.36}$
เฟอร์โรซิลิกอน	-20+35	1.00	$y = 21.88x^{-0.36}$
	-35+65	1.00	$y = 19.65x^{-0.30}$
	-65+100	0.99	$y = 17.08x^{-0.26}$
	-100+200	0.99	$y = 14.95x^{-0.21}$
ควอร์ตซ์	-20+35	0.99	$y = 18.58x^{-0.38}$
	-35+65	0.99	$y = 16.99x^{-0.31}$
	-65+100	0.99	$y = 15.91x^{-0.26}$
	-100+200	1.00	$y = 13.81x^{-0.22}$

หมายเหตุ : 1. ค่า y คือ Mean size (micron) หรือ d_{50} และ ค่า x คือ Air pressure (kg/cm^2)
 2. ค่า $x > 0$

3.3 ผลของขนาดแร่ป้อนต่อการบด

3.3.1 แร่ยิปซัม

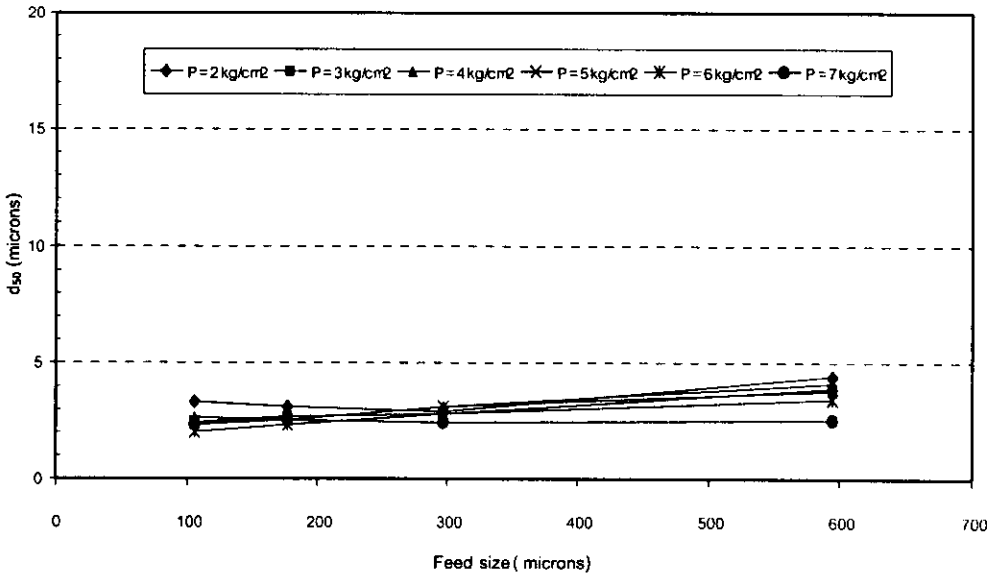


รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแร่ป้อนของแร่ยิปซัม กับ d_{50} หลังการบด โดยเฉลี่ยจาก อัตราการบด 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที ในแต่ละค่าความดัน

จากการทดลองบดแร่ยิปซัม ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการบดตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ -100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.11 ซึ่งเป็นการนำค่าเฉลี่ย d_{50} ที่บดได้ที่ อัตราการบด 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที ของแร่ยิปซัมในแต่ละความดัน เปรียบเทียบกับค่าขนาดแร่ป้อน ปรากฏว่าขนาดแร่ป้อนมีผลต่อ d_{50} เล็กน้อย กล่าวคือ เมื่อลดขนาดแร่ป้อนจะสามารถบดอนุภาคได้ละเอียดกว่าเดิมเล็กน้อย (เส้นกราฟมีความชันน้อย) และยังแสดงให้เห็นความสามารถในการบดที่ความดันที่แตกต่างกัน โดยสังเกตจากเส้นกราฟแต่ละเส้น เส้นกราฟที่อยู่บนสุดเป็นเส้นกราฟที่เกิดจากการบดแร่โดยใช้ความดันต่ำสุด คือ 2 กก./ตร.ซม. เส้นกราฟเส้นอื่นจะลดต่ำลงตามค่าความดันที่เพิ่มมากขึ้นจนถึงค่าความดันสูงสุดที่ 7 กก./ตร.ซม. สำหรับแร่ยิปซัมซึ่งเป็น

แร่อ่อนและมีลักษณะเป็นมวลเมล็ด จะบดได้ง่ายแม้ว่าขนาดแร่ป้อนจะแตกต่างกันบ้างแต่ก็ไม่มีผลและอาจจะจับตัวเป็นก้อนได้ง่ายเช่นกัน

3.3.2 แร่แบไรต์

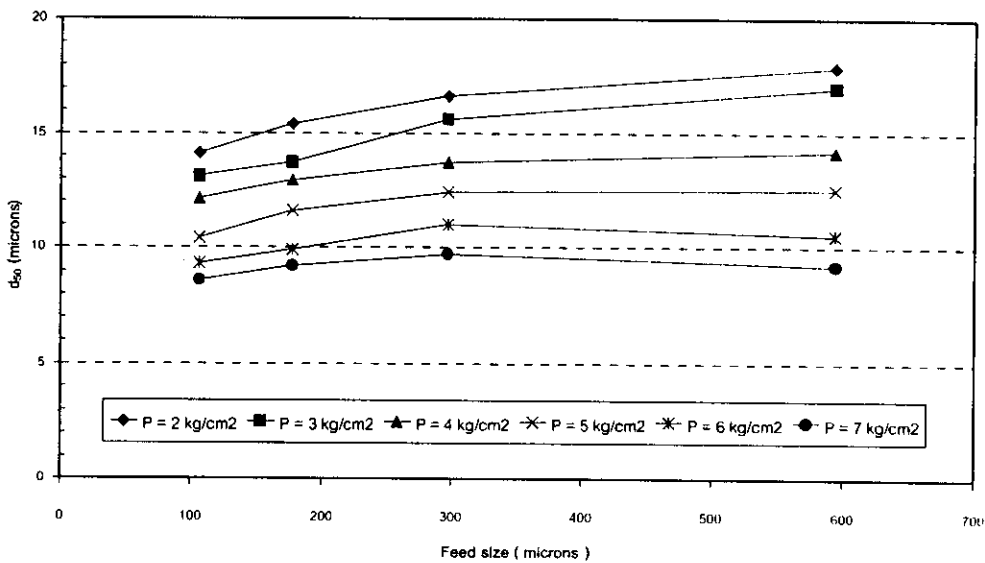


รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแร่ป้อนของแร่แบไรต์ กับ d_{50} หลังการบด โดยเฉลี่ยจาก อัตราการป้อน 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที ในแต่ละค่าความดัน

จากการทดลองบดแร่แบไรต์ ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ - 100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.12 ซึ่งเป็นการนำค่าเฉลี่ย d_{50} ที่บดได้ที่ อัตราการป้อน 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาทีของแร่แบไรต์ในแต่ละความดัน เปรียบเทียบกับค่าขนาดแร่ป้อน ปรากฏว่าขนาดแร่ป้อนไม่ค่อยมีผลต่อ d_{50} คือ เมื่อเปลี่ยนขนาดแร่ป้อน d_{50} ที่บดได้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากแร่แบไรต์บดได้ง่ายและมีแนวแตกธรรมชาติที่ส่วนใหญ่จะแตกตามแนวนี้จนได้ขนาดที่เป็นแนวแตกที่เล็กที่สุด และเมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการบดที่ความดันแตกต่างกันให้ผลการบดที่ใกล้เคียงกัน โดยสังเกตจากเส้นกราฟแต่ละเส้น เส้นกราฟที่เกิดจากการบด

แร่โดยใช้ความดันต่ำสุด คือ 2 กก./ตร.ซม. จนถึงการบดแร่โดยใช้ความดันสูงสุดที่ 7 กก./ตร.ซม. ไม่แยกกันอย่างชัดเจน เส้นกราฟทั้งหมดค่อนข้างเป็นเส้นตรงไม่มีความชันเพราะความดันเพียง 2 กก./ตร.ซม. ก็สามารถทำให้เกิดการแตกของอนุภาคแบโรต์ได้ดีอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อความดันสูงขึ้น จึงไม่ให้ผลที่แตกต่างกันนัก เมื่อเทียบกับแร่ยิปซัมซึ่งบดได้ง่ายเช่นเดียวกัน แบโรต์ซึ่งมีความแข็งมากกว่าแต่จะถูกบดได้ d_{50} ที่มีขนาดเล็กกว่าแร่ยิปซัมที่ภาวะการบดเดียวกัน ทั้งนี้เพราะว่าแร่แบโรต์มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าแร่ยิปซัม ทำให้ขนาดอนุภาคที่ออกจากห้องบดได้หลังจากการบดแล้วมีขนาดเล็กกว่ายิปซัมตามสมการที่(1.2) (ASM, 1991) เมื่อค่าอื่นๆในสมการมีค่าคงที่

3.3.3 เฟอร์โรซิลิกอน

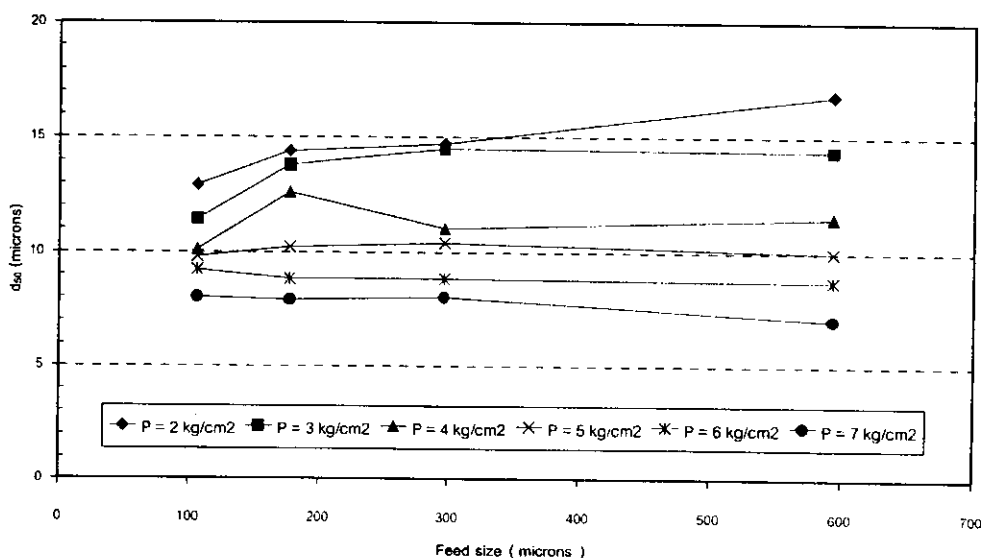


รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแร่ป้อนของเฟอร์โรซิลิกอน กับ d_{50} หลังการบด โดยเฉลี่ยจากอัตราการป้อน 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที ในแต่ละค่าความดัน

จากการทดลองบดเฟอร์โรซิลิกอน ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ - 100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.13 ซึ่งเป็นการนำค่าเฉลี่ย d_{50} ที่บดได้ที่

อัตราการป้อน 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาทีของเฟอร์โรซิลิกอนในแต่ละความดัน เปรียบเทียบกับค่าขนาดแร่ป้อน ปรากฏว่าขนาดแร่ป้อนมีผลต่อ d_{50} ของแร่ที่บดได้ โดยเฉพาะที่ความดัน 2 และ 3 กก./ตร.ซม. กล่าวคือ เมื่อลดขนาดแร่ป้อนจะสามารถบดอนุภาคได้ละเอียดยิ่งขึ้น เพราะเมื่อป้อนอนุภาคขนาดใหญ่ที่อัตราการป้อนเท่ากับอนุภาคขนาดเล็ก ทำให้ความหนาแน่นในไซนการบดน้อย การชนกันเกิดขึ้นน้อยกว่า การแตกจึงน้อย กอปรกับเมื่อมีอนุภาคขนาดใหญ่ที่แรงที่จะทำให้แตกต้องมีขนาดเพิ่มขึ้นด้วย และยังแสดงให้เห็นความสามารถในการบดที่ความดันที่แตกต่างกัน โดยสังเกตจากเส้นกราฟแต่ละเส้น เส้นกราฟที่อยู่บนสุดเป็นเส้นกราฟที่เกิดจากการบดแร่โดยใช้ความดันต่ำสุด คือ 2 กก./ตร.ซม. เส้นกราฟเส้นอื่นจะลดต่ำลงตามค่าความดันที่เพิ่มมากขึ้นจนถึงค่าความดันสูงสุดที่ 7 กก./ตร.ซม. อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ความดันสูงขึ้น (4-7 กก./ตร.ซม.) สำหรับขนาดป้อน -20+35 เมช และ -35+65 เมช d_{50} มีค่าคงที่ เพราะเมื่อความดันสูงขึ้นความเร็วของอนุภาคที่วิ่งชนมีค่ามากขึ้นจนทำให้แร่ป้อนขนาด -20+35 เมช มีการแตกได้ดีพอๆกับขนาด -35+65 เมช และเมื่อขนาดป้อนเล็กกว่า -35+65 เมช (297 ไมครอน) ขนาด d_{50} ที่ได้จะมีขนาดเล็กลง ดังนั้นเมื่อต้องการขนาดแร่บดที่เล็กลงก็ควรใช้ขนาดแร่ป้อนให้มีขนาดเล็กลง

3.3.4 แร่ควอร์ตซ์



รูปที่ 3.14 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแร่ป้อนของแร่ควอร์ตซ์กับ d_{50} หลังการบด โดยเฉลี่ยจากอัตราการป้อน 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที ในแต่ละค่าความดัน

จากการทดลองบดแร่ควอร์ตซ์ ด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill โดยได้แปรค่าความดันตั้งแต่ 2 – 7 กก./ตร.ซม. อัตราการป้อนตั้งแต่ 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที และใช้ขนาดของแร่ป้อน 4 ขนาด คือ - 20 + 35 เมช (ค่าเฉลี่ย 594 ไมครอน), - 35 + 65 เมช (ค่าเฉลี่ย 297 ไมครอน), - 65 + 100 เมช (ค่าเฉลี่ย 177 ไมครอน) และ - 100 + 200 เมช (ค่าเฉลี่ย 106 ไมครอน) นำผลการทดลองมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งเป็นการนำค่าเฉลี่ย d_{50} ของแร่ควอร์ตซ์ที่บดได้ที่อัตราการป้อน 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที ในแต่ละความดัน เปรียบเทียบกับค่าขนาดแร่ป้อน ปรากฏว่าที่ความดัน 2 และ 3 กก./ตร.ซม. d_{50} มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดแร่ป้อนเพิ่มขึ้น แต่ที่ความดัน 4 กก./ตร.ซม. และที่ขนาดแร่ป้อน -65+100 เมช อาจเป็นความผิดพลาดจากการทดลอง ในขณะที่ความดัน 5 , 6 และ 7 กก./ตร.ซม. ค่า d_{50} ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดแร่ป้อน เพราะแร่ที่มีขนาดโตขึ้น(มวลมากขึ้น) จะทำให้เกิดแรงจากโมเมนตัมที่ชนกันที่ความดันอากาศเท่ากันมีค่ามากกว่าอนุภาคขนาดเล็ก จึงทำให้อนุภาคขนาดเล็กของแร่ควอร์ตซ์แตกได้น้อยกว่าขนาดใหญ่ ค่า d_{50} ที่ได้จึงมีค่าเกือบคงที่

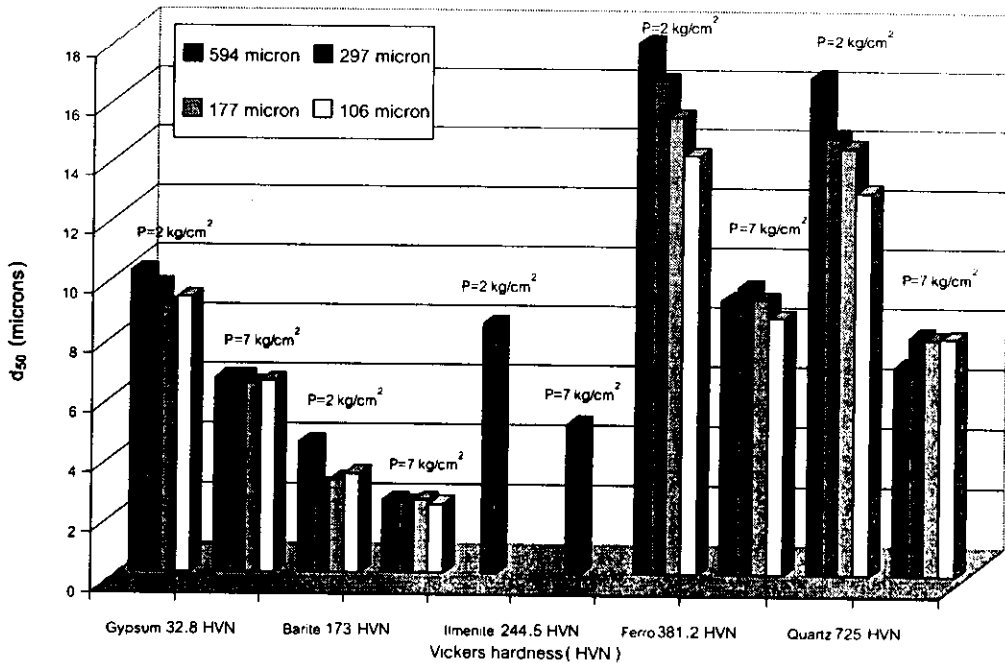
3.4 ผลของความแข็งของแร่(ชนิดแร่)ต่อการบด

จากการทดสอบความแข็งของแร่ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองทั้ง 5 ชนิด ด้วยเครื่องวัดค่าความแข็งแบบ Vickers micro hardness tester โดยการขัดยัดตัวอย่างกับพอลิเมอร์และขัดผิวให้เรียบ แล้วนำไปกดกับหัวกดรูปปิรามิดที่ทำด้วยเพชรให้เป็นรอยด้วยแรงขนาดคงที่ 300 กรัม แล้ววัดความยาวของเส้นทแยงมุม เพื่อนำมาคำนวณค่า Vickers hardness number จากสูตรดังสมการที่(2.1) คือ $H_{mv} = 1854.4 \times \frac{P}{d^2}$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดมาแทนค่าในสมการ โดยที่ P มีค่าเท่ากับ 300 กรัม จะได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยความยาวของเส้นทแยงมุมของรอยกดและค่าความแข็งแบบ Vickers micro hardness ของแร่ชนิดต่างๆ (HVN)

แร่	ยิปซัม	แบไรต์	อิลเมไนต์	เฟอร์โรซิลิกอน	ควออตซ์
ความยาวของเส้นทแยงมุม (ไมครอน)	130.2	56.7	47.7	38.2	27.7
ค่าความแข็ง(HVN)	32.8	173.0	244.5	381.2	725.0

จากตารางที่ 3.2 พบว่าแร่ยิปซัม แบไรต์ อิลเมไนต์ เฟอร์โรซิลิกอน และควออตซ์ มีความแข็งเท่ากับ 32.8, 173.0, 244.5, 381.2 และ 725.0 HVN ตามลำดับ



รูปที่ 3.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง Vickers micro hardness กับขนาดเฉลี่ยทุกขนาดแร็ปของแร่ ที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม. และเฉลี่ยอัตราการบดที่ 0.2 กับ 0.5 กรัม/วินาที

รูปที่ 3.15 เป็นการนำค่าเฉลี่ย d_{50} ที่บดได้จากอัตราการบด 0.2 และ 0.5 กรัม/วินาที และที่ความดัน 2 และ 7 กก./ตร.ซม. ของแร่ยิปซัม แบริต์ อิลเมไนต์ เฟอร์โรซิลิกอน และ ควอร์ตซ์ ที่ขนาดแร็ปเฉลี่ย 594, 297, 177 และ 106 ไมครอน มาเขียนกราฟเปรียบเทียบกับ ค่าความแข็งแบบ Vickers micro hardness พบว่าสำหรับแร่ยิปซัมและแบริต์ซึ่งมีความแข็งต่ำ ขนาดของแร็ปมีอิทธิพลต่อค่า d_{50} น้อย สำหรับเฟอร์โรซิลิกอนและควอร์ตซ์ซึ่งแข็งกว่า ขนาดของแร็ปมีอิทธิพลต่อค่า d_{50} อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะที่ความดันต่ำๆที่ 2 กก./ตร.ซม. อย่างไรก็ตามเมื่อความดันสูงขึ้นเป็น 7 กก./ตร.ซม. ขนาดของแร็ปจะมีผลต่อค่า d_{50} น้อย เนื่องจากที่ความดันนี้ทำให้เกิดแรงที่ไปกระทำต่ออนุภาคมีมาก และอนุภาคเกิดการชนอย่างเต็มที่ ถึงแม้แร็ปจะมีขนาดใหญ่ จึงทำให้อนุภาคถูกบดให้มีขนาดละเอียดใกล้เคียงกันกับผลที่ได้จาก แร็ปขนาดเล็กกว่า

ความแข็งเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่มีความสำคัญ แต่จะมีตัวแปรอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยทำให้ ความยากง่ายในการบดจึงไม่สัมพันธ์กับความแข็งโดยตรง จะสังเกตได้ว่าแร่ยิปซัมซึ่งมีความ แข็งจากการคำนวณในสเกลของ Vickers micro hardness เท่ากับ 32.8 HVN บดได้ยากกว่าแร่ แบริต์ ซึ่งมีความแข็งจากการคำนวณในสเกลของ Vickers micro hardness เท่ากับ 173 HVN

เพราะแร่แบไรต์มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าและมีแนวแตกธรรมชาติ (Hurlbut and Klein, 1977) และเฟอร์โรซิลิกอนซึ่งมีค่าความแข็งจากการคำนวณในสเกลของ Vickers micro hardness เท่ากับ 381.2 HVN จะบดได้ยากกว่าแร่ควอartz ซึ่งมีค่าความแข็งจากการคำนวณในสเกลของ Vickers micro hardness เท่ากับ 725 HVN เนื่องจากเฟอร์โรซิลิกอนที่ใช้มีลักษณะเป็นรูปทรงแปดหน้า

จากสมการที่(1.2) ค่าความหนาแน่นของอนุภาคมีผลต่อขนาดของอนุภาคที่สามารถออกจากห้องบดได้ นั่นคือ ถ้าอนุภาคมีค่าความหนาแน่นต่ำ ขนาดของอนุภาคที่สามารถออกจากห้องบดได้จะมีขนาดโตกว่าอนุภาคมีค่าความหนาแน่นสูง เพราะฉะนั้นแร่ยิปซัมซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.72 ซึ่งน้อยกว่าแร่แบไรต์ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 4.2 แร่ยิปซัมจึงสามารถผ่านออกจากห้องบดได้เร็วกว่าแร่แบไรต์ที่ขนาดบดเหมือนกัน ค่า d_{50} จากการบดแร่ยิปซัมจึงมีค่ามากกว่าค่า d_{50} จากการบดแร่แบไรต์ และนอกจากนั้นแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงจะมีปริมาณอนุภาคในห้องบดน้อยกว่าแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำที่อัตราการบดเหมือนกัน

ส่วนการที่เฟอร์โรซิลิกอนมีค่า d_{50} ของแร่หลังการบดมากกว่าแร่ควอartz เพราะเฟอร์โรซิลิกอนมีความพรุน จึงทำให้แรงที่กระทำต่ออนุภาคที่ขนาดเท่ากันแตกต่างกัน โดยที่แร่ควอartz มีแรงปะทะเนื่องจากมวลที่มากกว่า สามารถทำให้แตกได้ละเอียดกว่าเฟอร์โรซิลิกอนซึ่งอนุภาคมีรูปทรงแปดหน้าจึงมีมวลน้อยกว่า แรงที่กระทำเมื่อเกิดการพุ่งชนจึงน้อยกว่า ขนาด d_{50} จึงโตกว่าแร่ควอartz

แร่ซิลิเกตซึ่งมีค่าความแข็งจากการคำนวณในสเกลของ Vickers micro hardness เท่ากับ 244.5 HVN แต่เมื่อนำมาบดในเงื่อนไขเดียวกับแร่ยิปซัม เห็นได้ว่าค่า d_{50} จากการบดแร่ยิปซัมมีค่ามากกว่าค่า d_{50} จากการบดแร่ซิลิเกต เนื่องจากแร่ยิปซัมซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.72 ซึ่งน้อยกว่าแร่ซิลิเกตซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 4.7 แร่ยิปซัมจึงสามารถผ่านออกจากห้องบดได้เร็วกว่าแร่ซิลิเกตที่ขนาดบดเหมือนกัน และเมื่อเทียบความสามารถในการบดของแร่ซิลิเกตกับแร่แบไรต์ จะเห็นได้ว่าแร่ซิลิเกตมีค่า d_{50} จากการบดมากกว่าค่า d_{50} จากการบดแร่แบไรต์ เนื่องจากค่าความแข็งของแร่ซิลิเกตมีมากกว่าแร่แบไรต์และไม่มีรอยแตกแนวเรียบ

จากตารางที่ 3.3 เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนลด (Reduction ratio) ของการบดโดยการนำขนาดแร่บดไปเทียบสัดส่วนกับขนาดของแร่ที่บดได้ที่เล็กที่สุด ปรากฏว่าแร่แบไรต์เป็นแร่ที่มีอัตราส่วนลดมากที่สุด คือ 313 เท่า อันดับสอง คือ แร่ยิปซัม มีอัตราส่วนลดเท่ากับ 102 เท่า อันดับสาม คือ แร่ควอartz มีอัตราส่วนลดเท่ากับ 90 เท่า อันดับสี่ คือ เฟอร์โรซิลิกอน มีอัตราส่วนลดเท่ากับ 74 เท่า ส่วนแร่ซิลิเกตไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้เนื่องจากใช้ขนาดแร่บดที่ต่างจากแร่ตัวอื่น แต่ถ้าจะเปรียบเทียบโดยใช้ขนาดแร่บด -35+65 เมช ทุกชนิดแร่ แร่ซิลิเกต

ค่อนข้างให้ผลการบดที่ใกล้เคียงกับแรยิปซัม(ตารางที่ 3.3) ซึ่งทั้งหมดนี้ให้ผลในทิศทางเดียวกันกับอัตราลดของแร่ที่บดได้จากขนาดแร่ป้อน -65+100 และ -100+200 เมช (ตารางที่ 3.4-3.5)

ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับผลของอัตราการลดขนาด ที่ทำให้ได้ค่าอัตราส่วนลดของขนาดที่บดได้ (d_{50}) ที่เล็กที่สุด นั่นก็คือประสิทธิภาพในการบดสูงสุด (Optimum efficiency) ของแต่ละชนิดแร่ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเมื่อใช้อัตราการบ้อน 0.2 กรัม/วินาที และใช้ความดันที่ 7 กก./ตร.ซม.

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนลด (Reduction ratio) จากการบดแร่ชนิดต่างๆ โดยใช้ขนาดแร่ป้อน -20+35 เมช (-841+420 ไมครอน)

แร่	ขนาดเฉลี่ยที่บดได้โตที่สุด (ไมครอน)	Reduction ratio	ขนาดเฉลี่ยที่บดได้เล็กที่สุด (ไมครอน)	Reduction ratio
ยิปซัม	11.5	52	5.8	102
แบไรต์	5.0	119	1.9	313
เฟอร์โรซิลิกอน	21.5	28	8.0	74
ควออตซ์	17.9	33	6.6	90

ตารางที่ 3.4 อัตราส่วนลด (Reduction ratio) จากการบดแร่ชนิดต่างๆ โดยใช้ขนาดแร่ป้อน -35+65 เมช (-420+210 ไมครอน)

แร่	ขนาดเฉลี่ยที่บดได้โตที่สุด (ไมครอน)	Reduction ratio	ขนาดเฉลี่ยที่บดได้เล็กที่สุด (ไมครอน)	Reduction ratio
ยิปซัม	10.2	29	5.8	51
แบไรต์	3.3	90	1.9	156
อิลเมนไนต์	11.6	26	4.2	71
เฟอร์โรซิลิกอน	17.7	17	8.7	34
ควออตซ์	16.4	18	7.7	39

ตารางที่ 3.5 อัตราส่วนลด (Reduction ratio) จากการบดแร่ชนิดต่างๆ โดยใช้ขนาดแร่ป้อน
-65+100 เมช (-210+149 ไมครอน)

แร่	ขนาดเฉลี่ย ที่บดได้โตที่สุด (ไมครอน)	Reduction ratio	ขนาดเฉลี่ย ที่บดได้เล็กที่สุด (ไมครอน)	Reduction ratio
ยิปซัม	9.4	19	6.0	30
แบไรต์	3.8	47	2.2	80
เฟอร์โรซิลิกอน	16.1	11	8.4	21
ควออตซ์	17.2	10	7.4	24

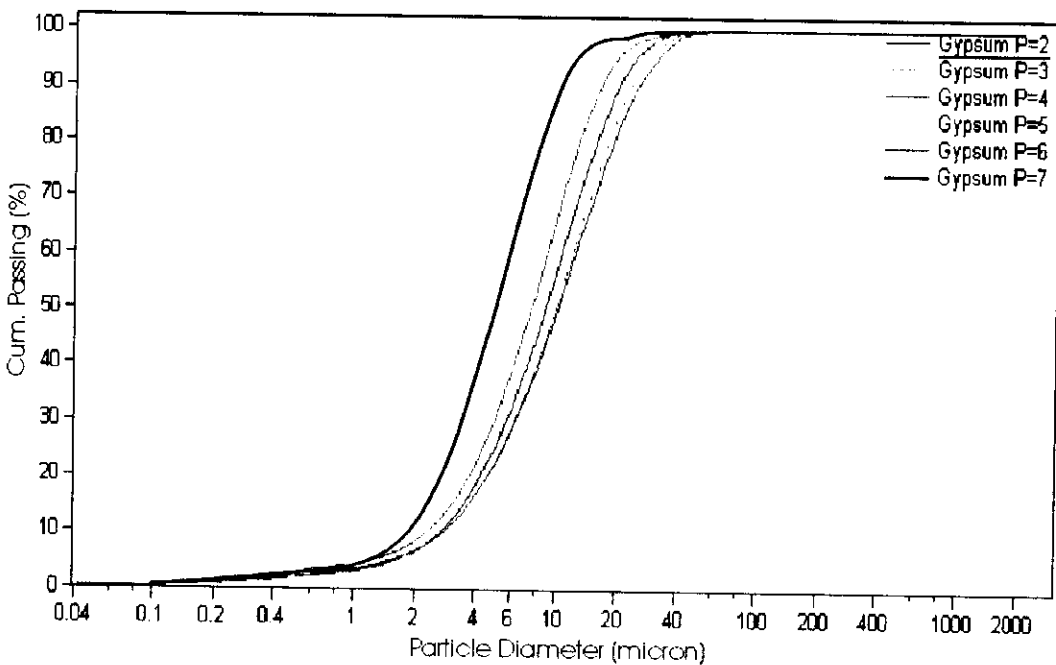
ตารางที่ 3.6 อัตราส่วนลด (Reduction ratio) จากการบดแร่ชนิดต่างๆ โดยใช้ขนาดแร่ป้อน
-100+200 เมช (-149+74 ไมครอน)

แร่	ขนาดเฉลี่ย ที่บดได้โตที่สุด (ไมครอน)	Reduction ratio	ขนาดเฉลี่ย ที่บดได้เล็กที่สุด (ไมครอน)	Reduction ratio
ยิปซัม	9.7	11	6.1	17
แบไรต์	3.4	31	1.7	62
เฟอร์โรซิลิกอน	15.4	7	8.3	13
ควออตซ์	15.0	7	7.3	15

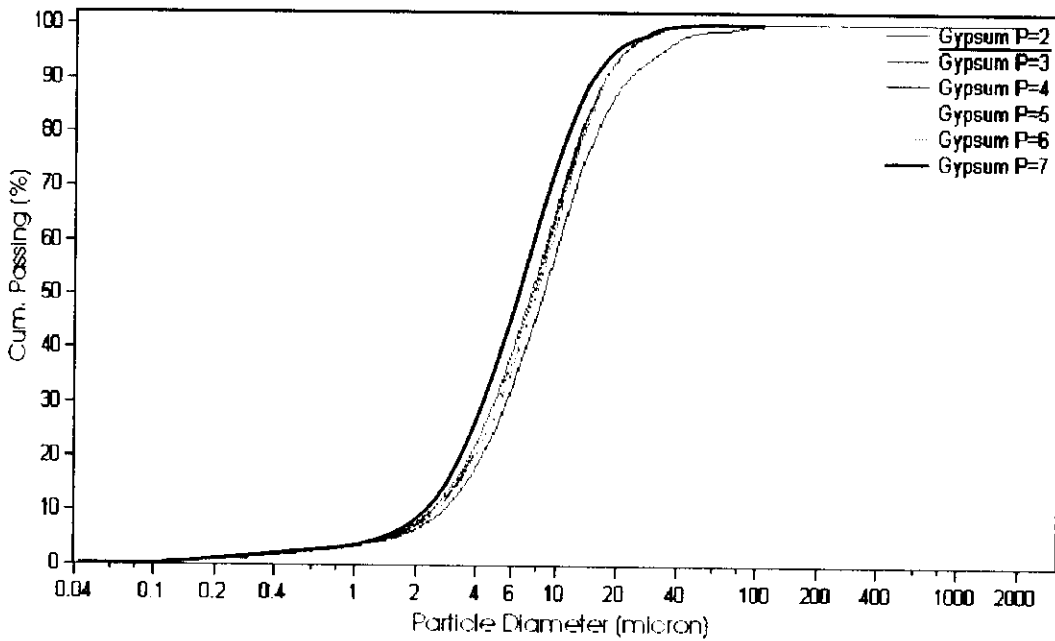
3.5 ผลของอัตราการป้อน ความดัน และขนาดแร่ป้อนต่อการกระจายตัวของขนาดแร่ที่บดได้

3.5.1 แร่ยิปซัม

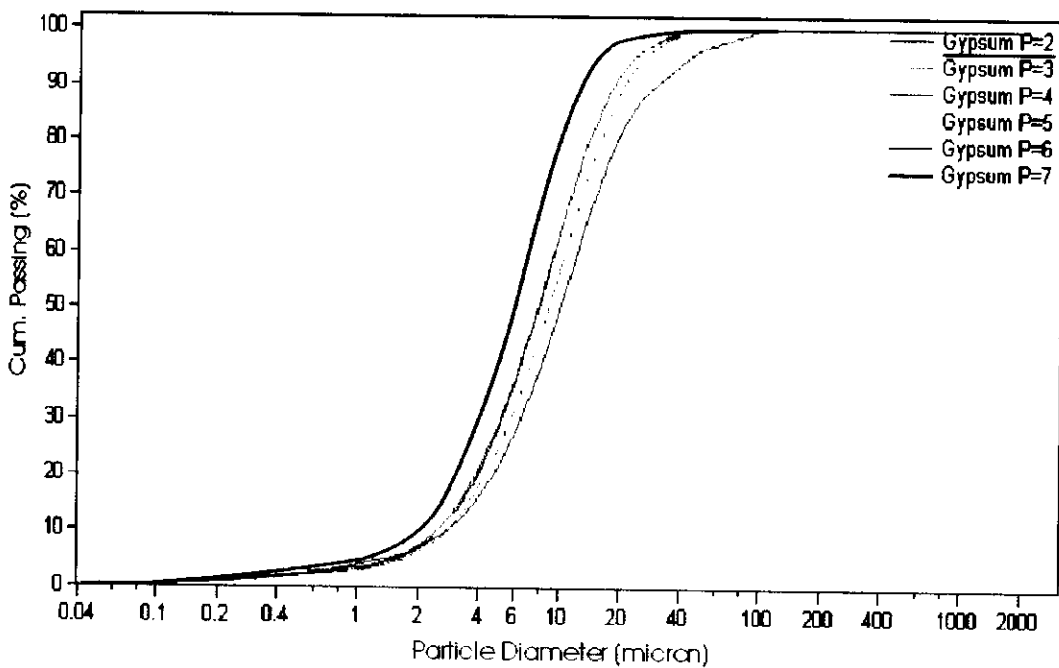
ในการบดแร่ยิปซัมที่ขนาดแร่ป้อน $-20+35$, $-35+65$, $-65+100$ และ $-100+200$ เมช พบว่าที่อัตราการป้อน 0.2 และ 0.5 กรัม/วินาที ความดันมีผลต่อการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่บดได้ชัดเจน กล่าวคือ เมื่อความดันสูงขึ้นสามารถบดแร่ได้ละเอียดขึ้น เนื่องจากปริมาณแร่ที่เข้ามาในไซนการบดมีปริมาณที่พอเหมาะ อย่างไรก็ตามเมื่ออัตราการป้อนอยู่ในช่วง 0.7 - 2.0 กรัม/วินาที ความดันมีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของขนาดอนุภาคน้อยลงและการกระจายตัวของอนุภาคคล้ายคลึงกัน จะสังเกตเห็นได้จากเส้นกราฟการกระจายตัวของความดันต่างๆที่อยู่ชิดกัน เนื่องมาจากที่อัตราการป้อนสูงจำนวนอนุภาคมีความหนาแน่นมาก ทำให้แรงที่กระทำระหว่างอนุภาคลดลง การแตกจึงลดลง (รูปที่ 3.16 - 3.35) และยังพบว่าที่ทุกภาวะการทดลองมีการกระจายตัวของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.1 - 40 ไมครอน



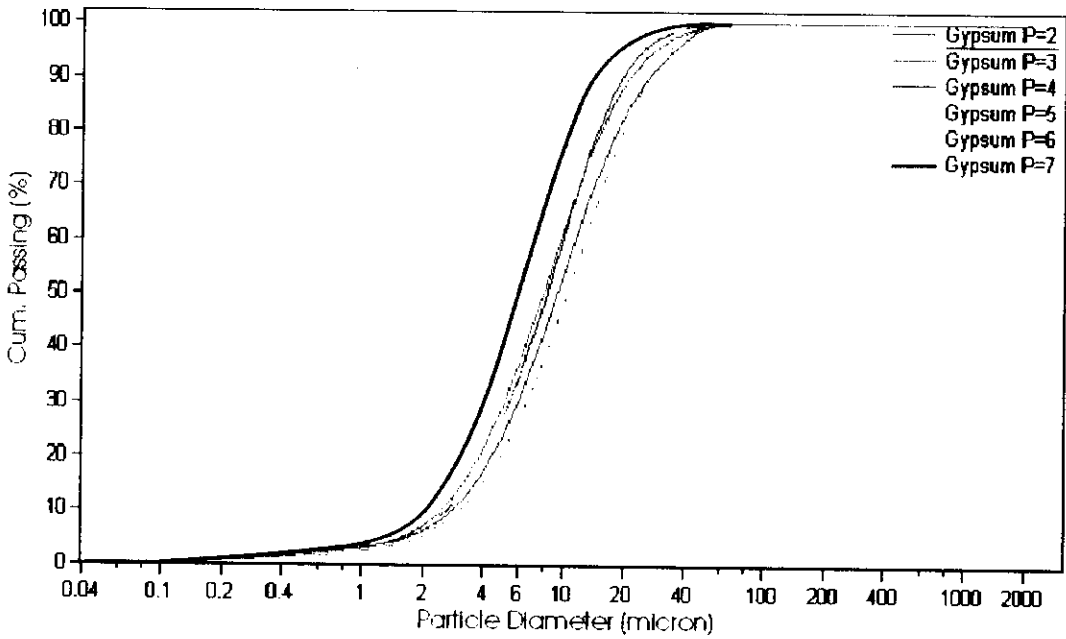
รูปที่ 3.16 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด $-20+35$ เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



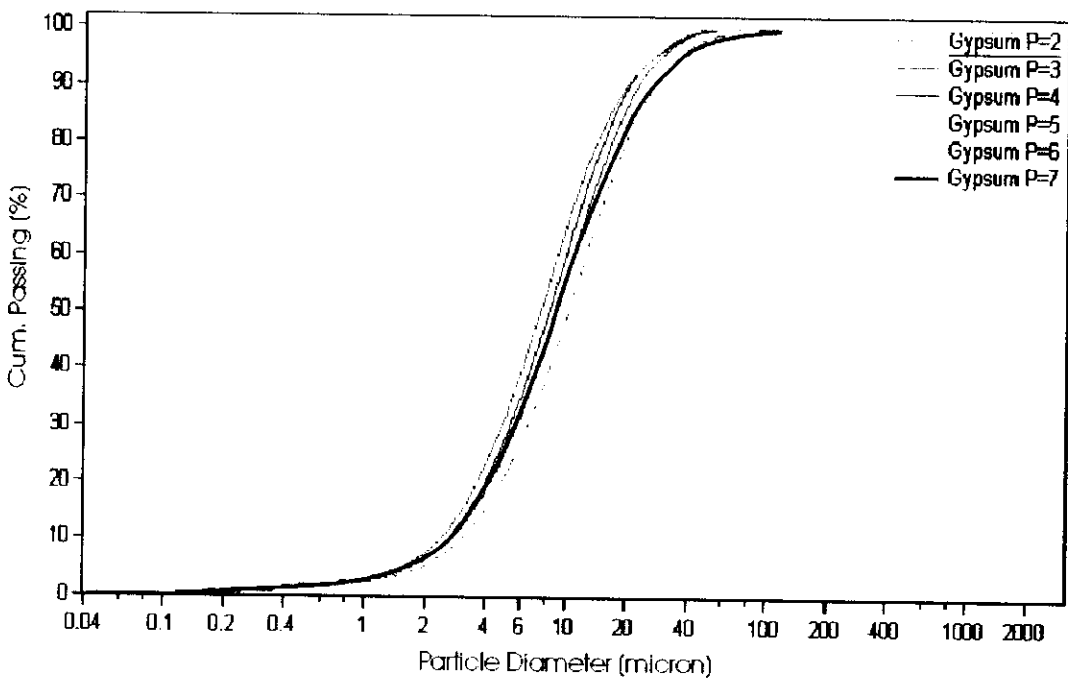
รูปที่ 3.17 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



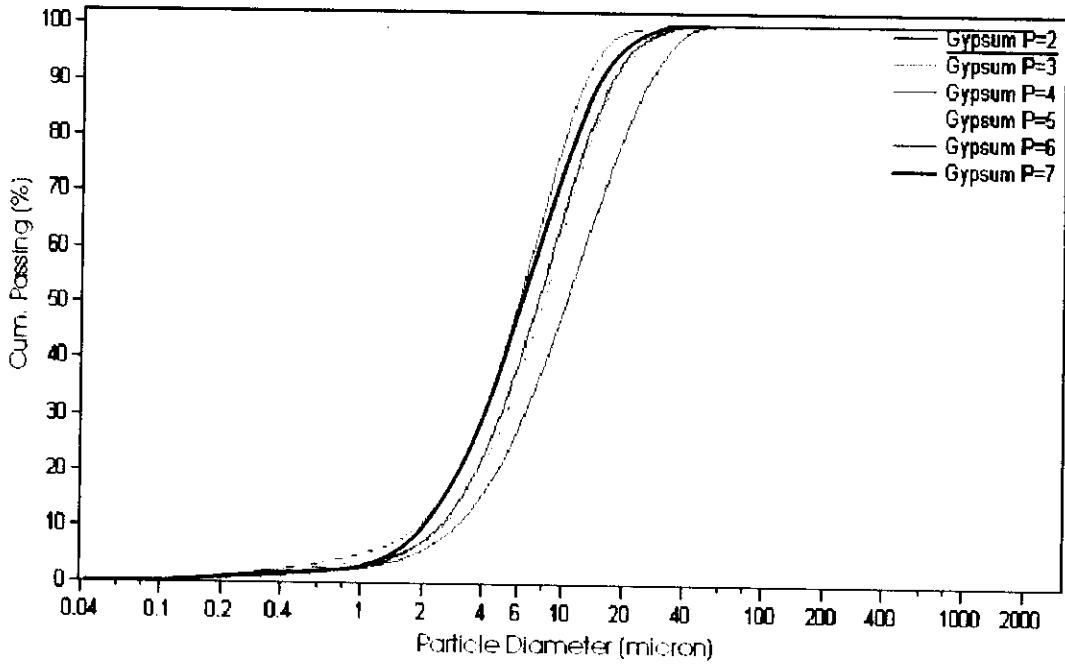
รูปที่ 3.18 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



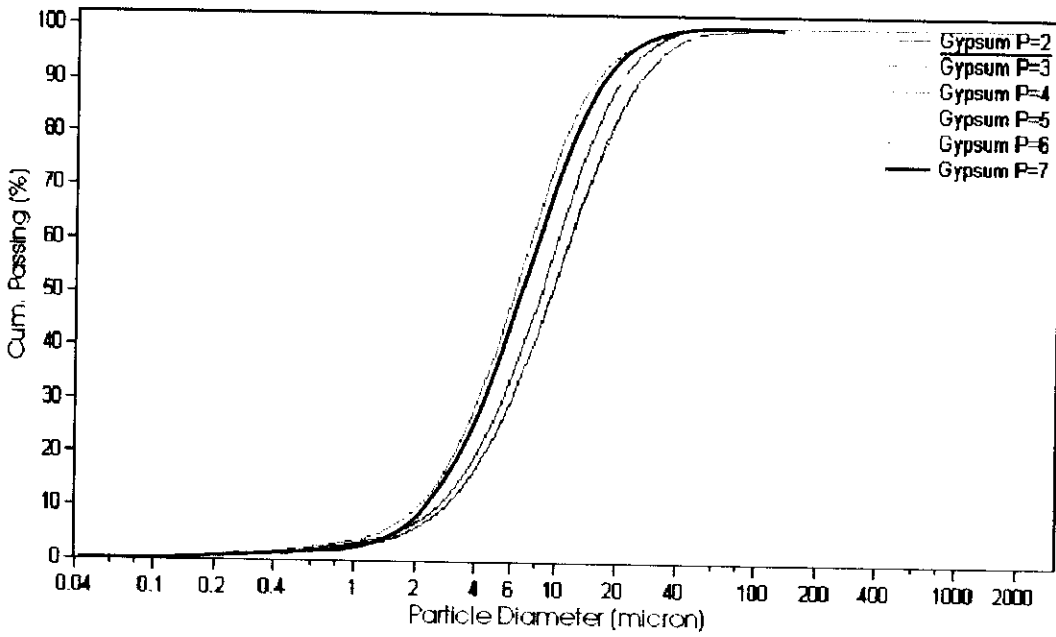
รูปที่ 3.19 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



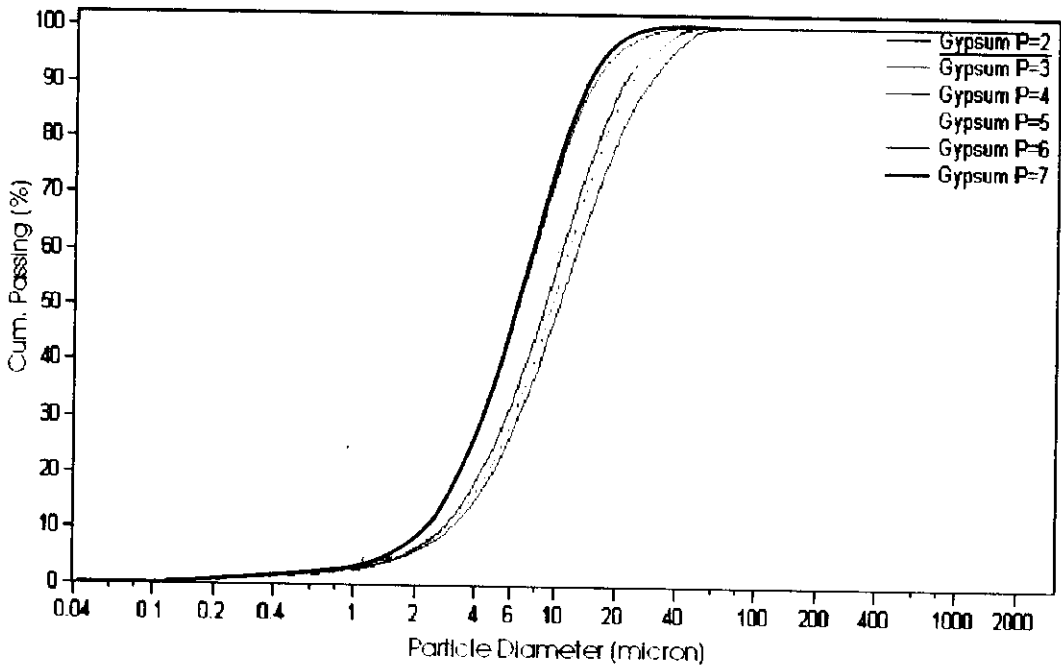
รูปที่ 3.20 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



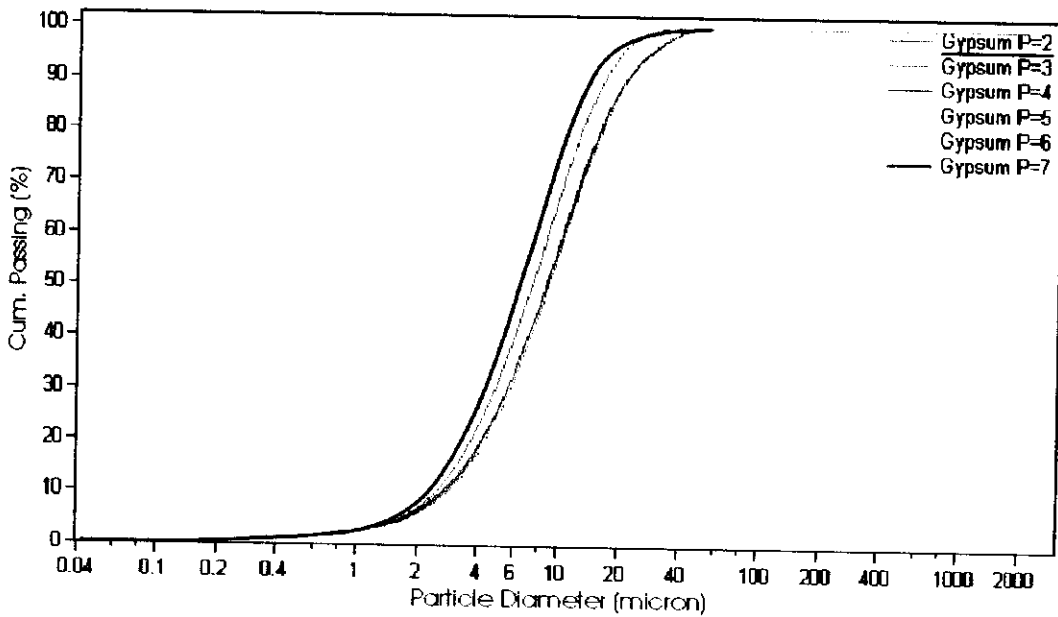
รูปที่ 3.21 การกระจายตัวของแรยิปซัม ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



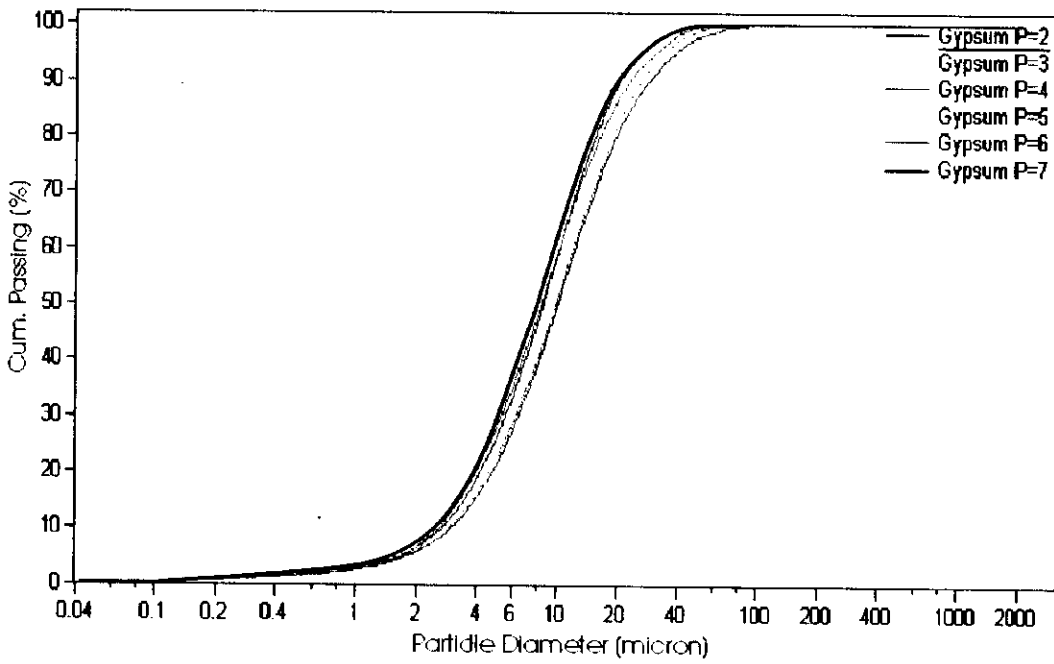
รูปที่ 3.22 การกระจายตัวของแรยิปซัม ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



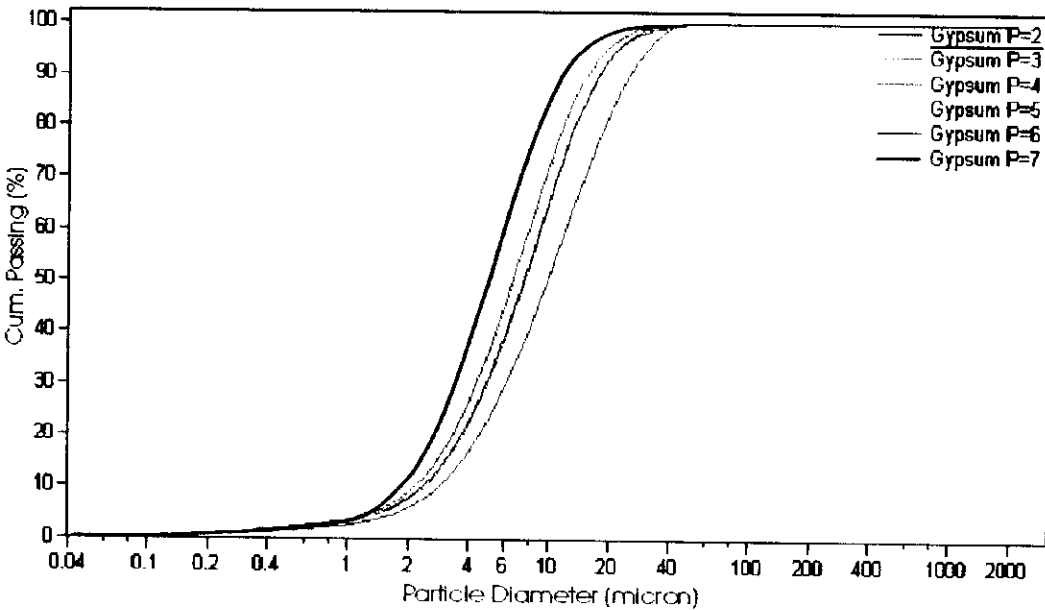
รูปที่ 3.23 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



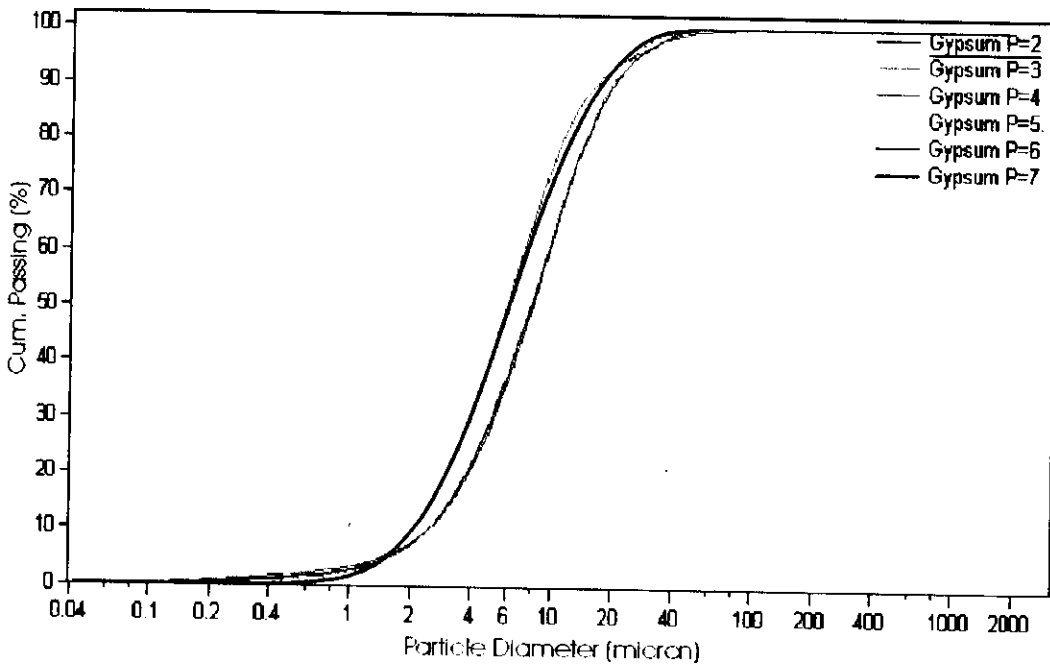
รูปที่ 3.24 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



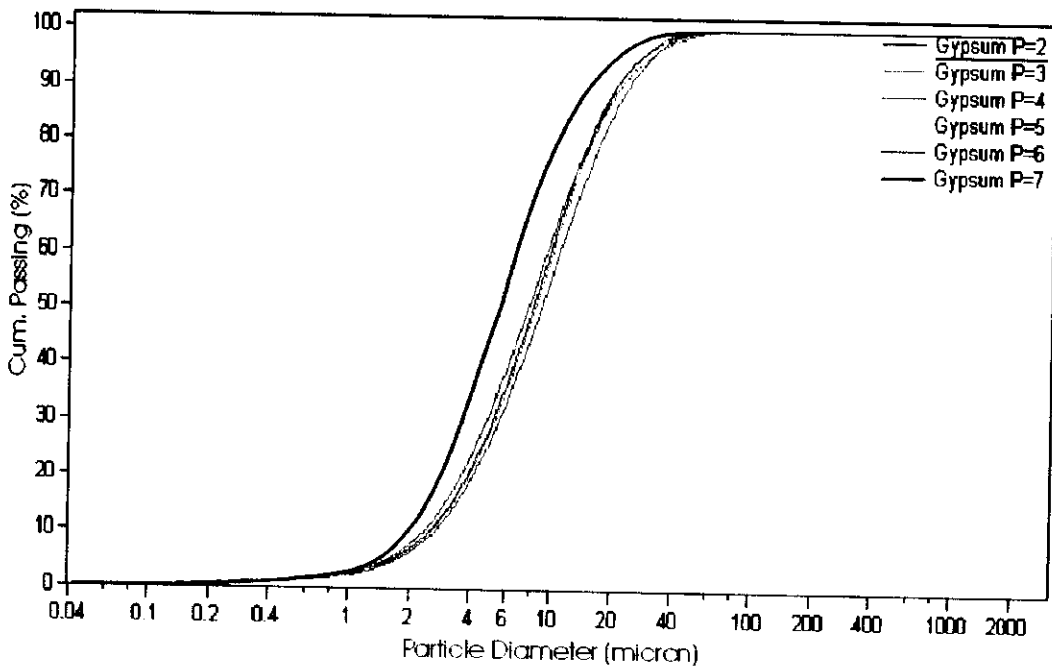
รูปที่ 3.25 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



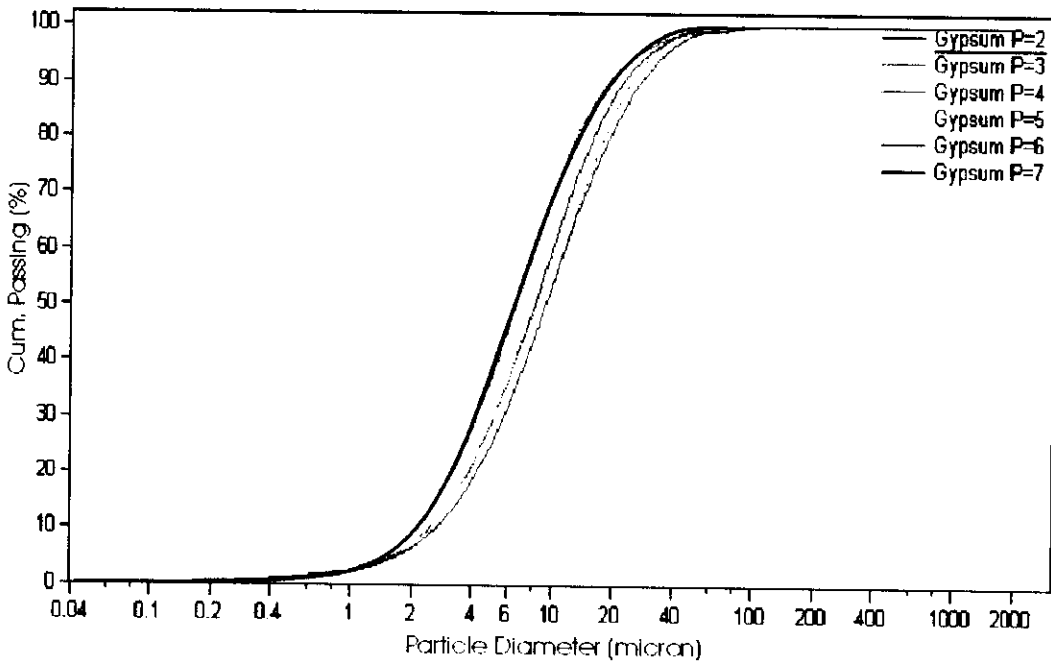
รูปที่ 3.26 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



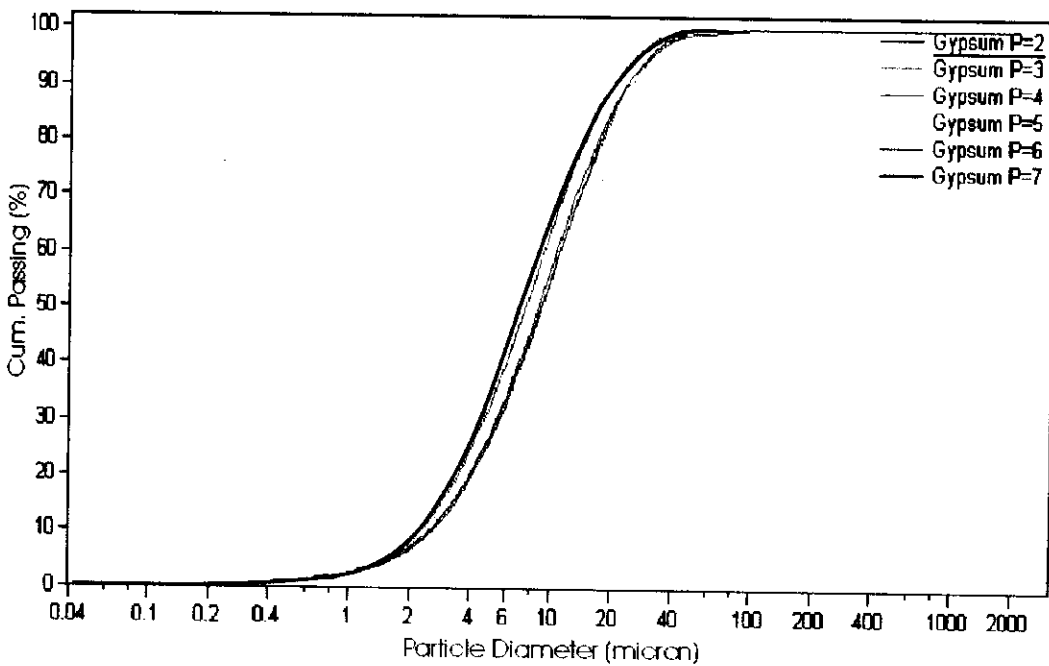
รูปที่ 3.27 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



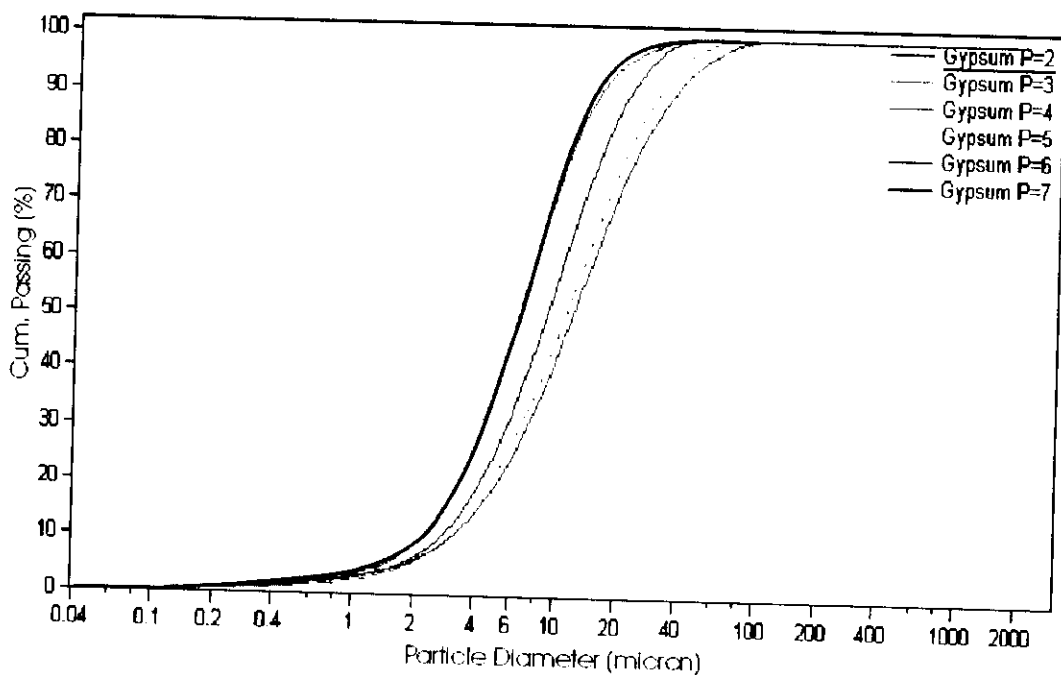
รูปที่ 3.28 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



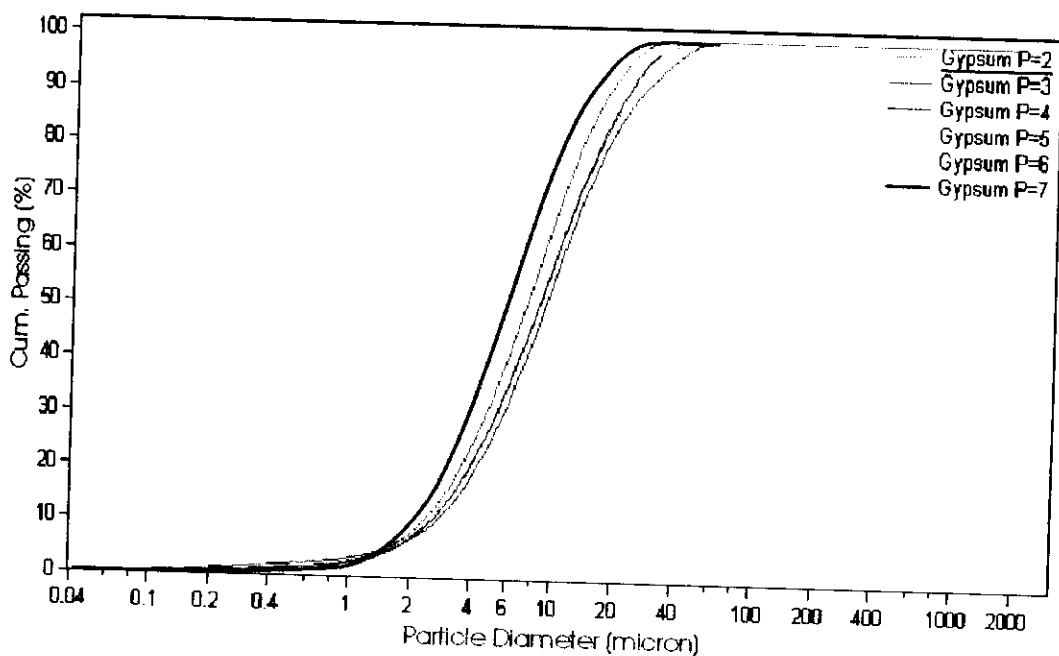
รูปที่ 3.29 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



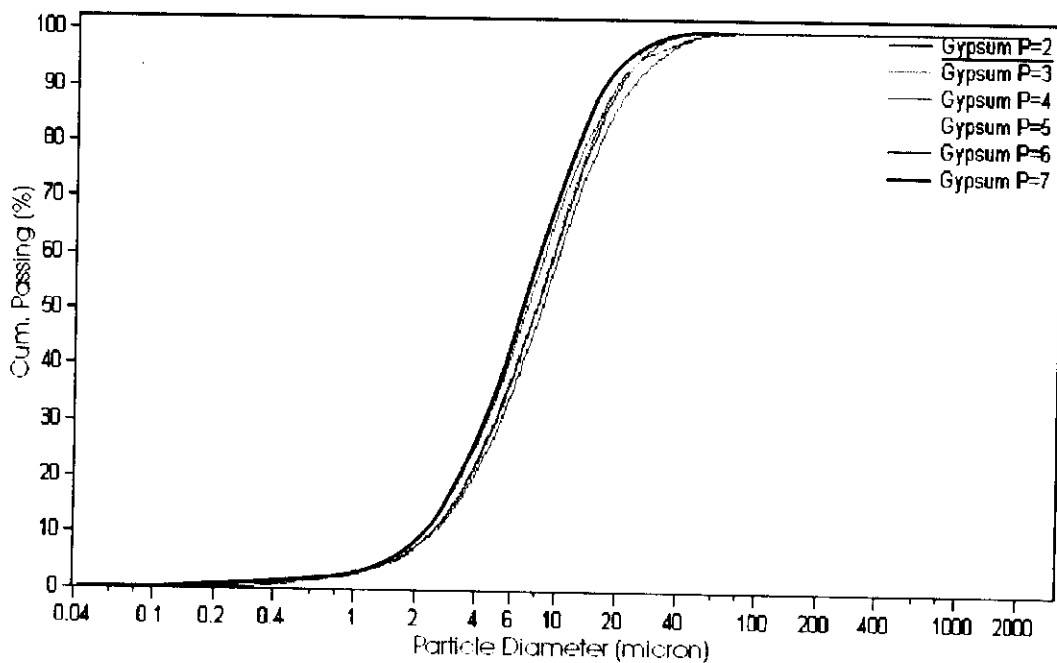
รูปที่ 3.30 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



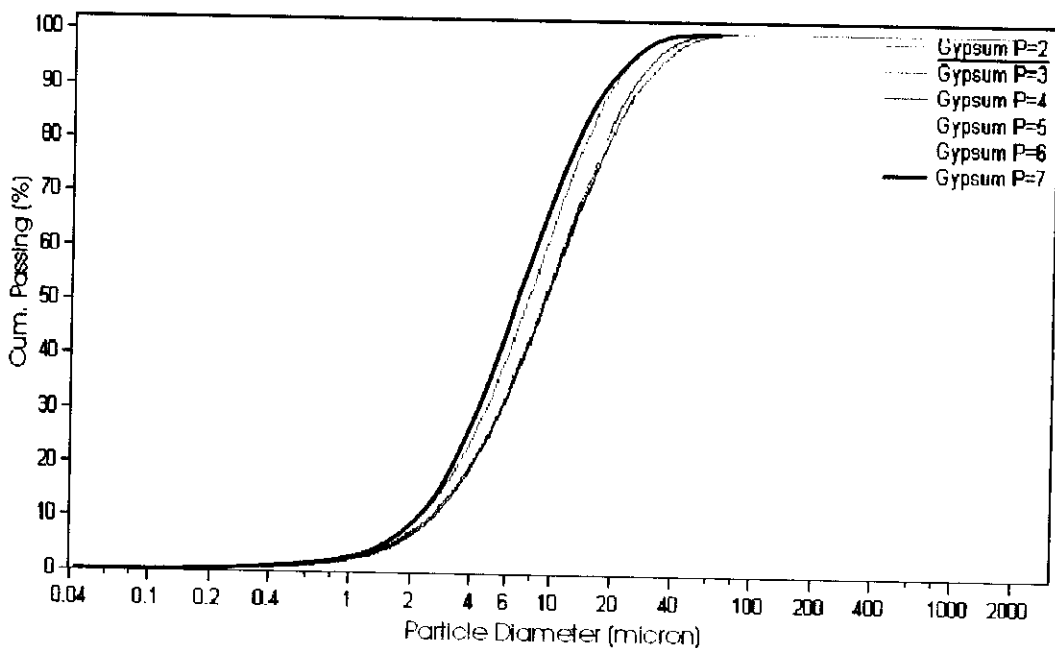
รูปที่ 3.31 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



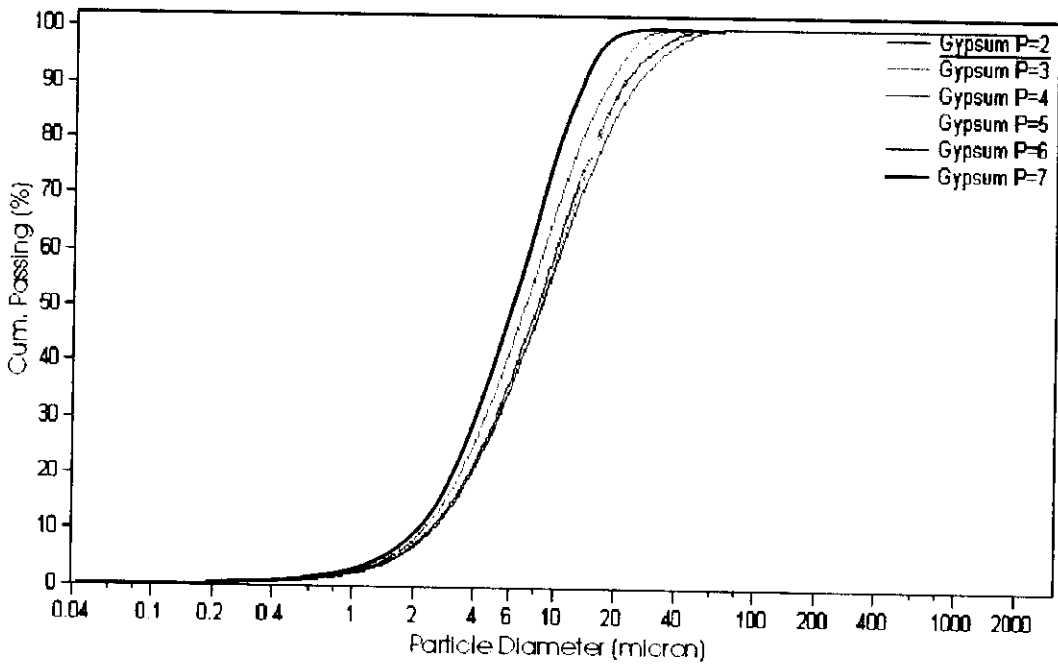
รูปที่ 3.32 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



รูปที่ 3.33 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



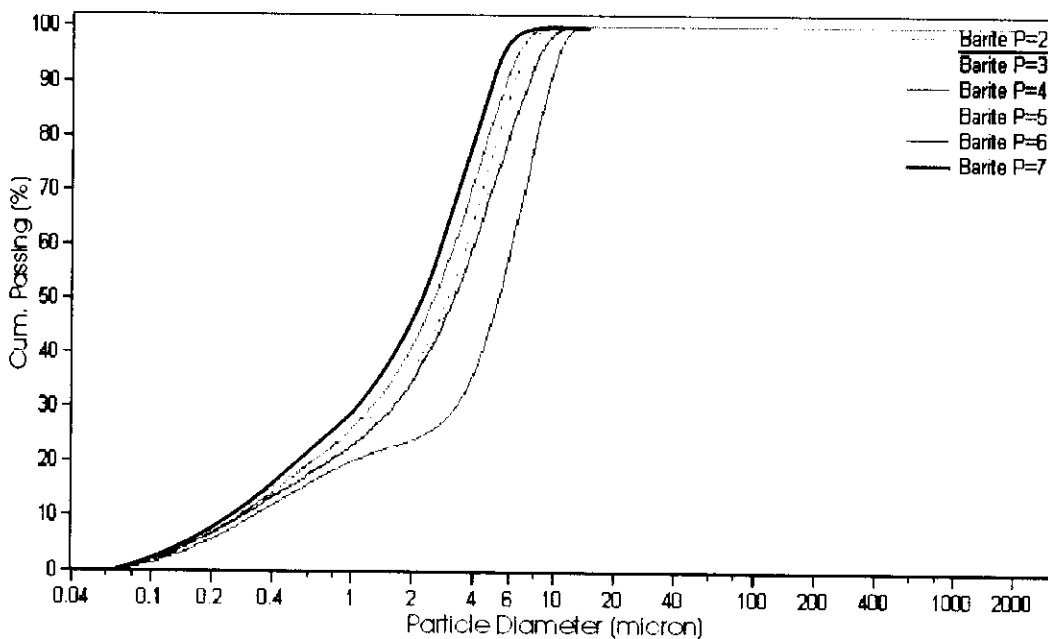
รูปที่ 3.34 การกระจายตัวของแร่ยิปซัม ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



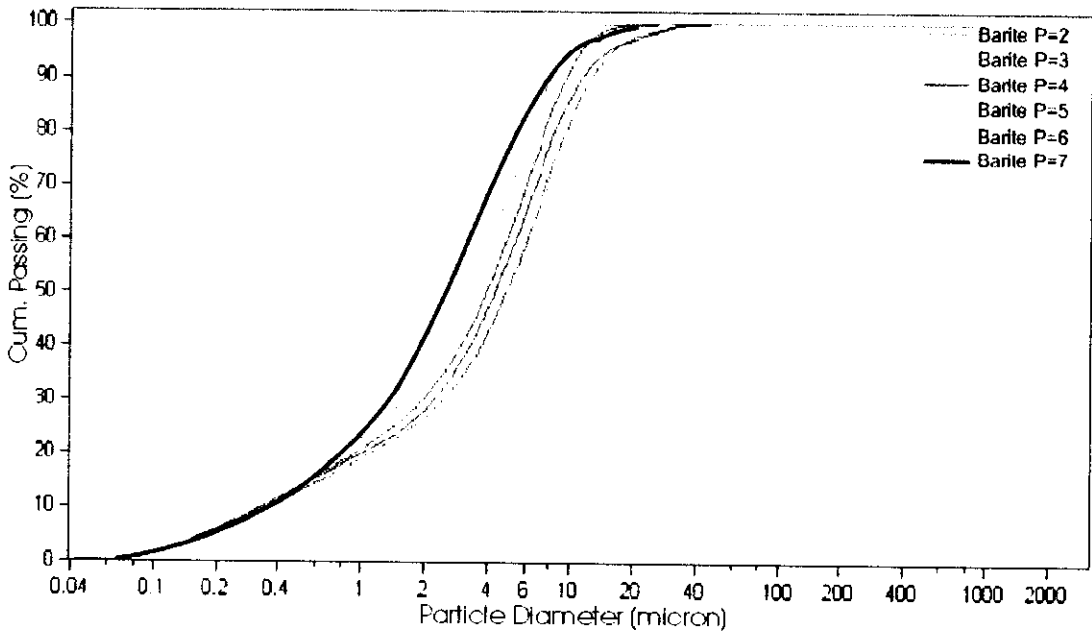
รูปที่ 3.35 การกระจายตัวของแริปซัม ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที

3.5.2 แร่แบไรต์

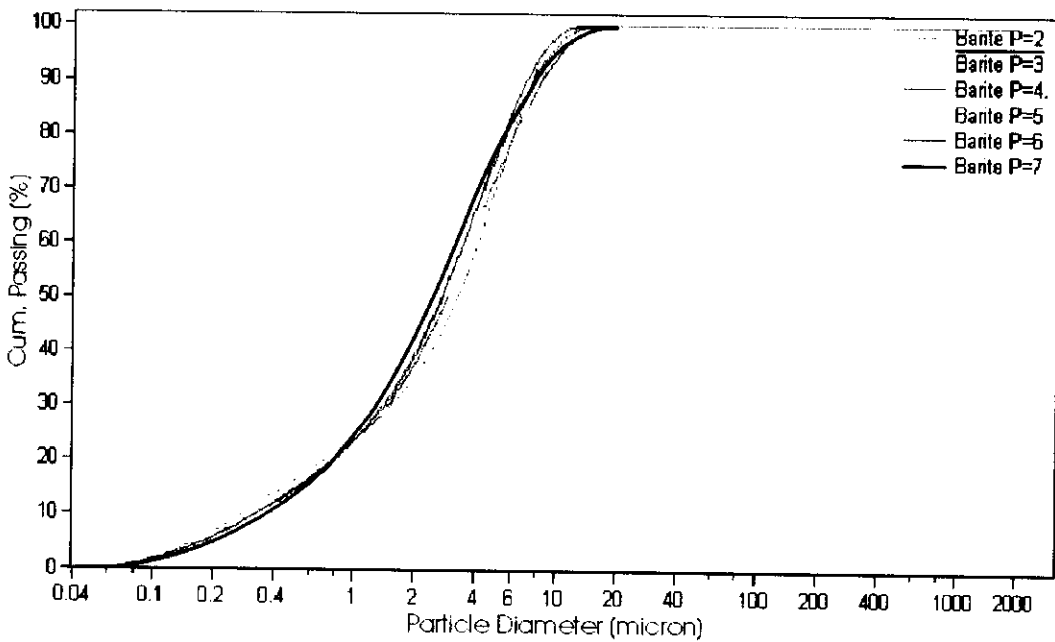
ในการบดแร่แบไรต์ที่ขนาดแร่ป้อน $-20+35$, $-35+65$, $-65+100$ และ $-100+200$ เมช พบว่าที่อัตราการป้อน 0.2 และ 0.5 กรัม/วินาที ความดันมีผลต่อการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่บดได้ชัดเจนกว่าอัตราการป้อนที่ 0.7-2.0 กรัม/วินาที เช่นเดียวกับแร่ยิปซัม และเมื่อความดันสูงขึ้นสามารถบดแร่ได้ละเอียดมากขึ้น (รูปที่ 3.36 – 3.55) ยกเว้นที่ขนาดแร่ป้อน $-35+65$ เมช ที่ผลการทดลองไม่ชัดเจน และยังพบว่าในทุกภาวะการทดลองมีการกระจายตัวของอนุภาคที่บดได้ คล้ายคลึงกันอยู่ในช่วง 0.06 – 20 ไมครอน



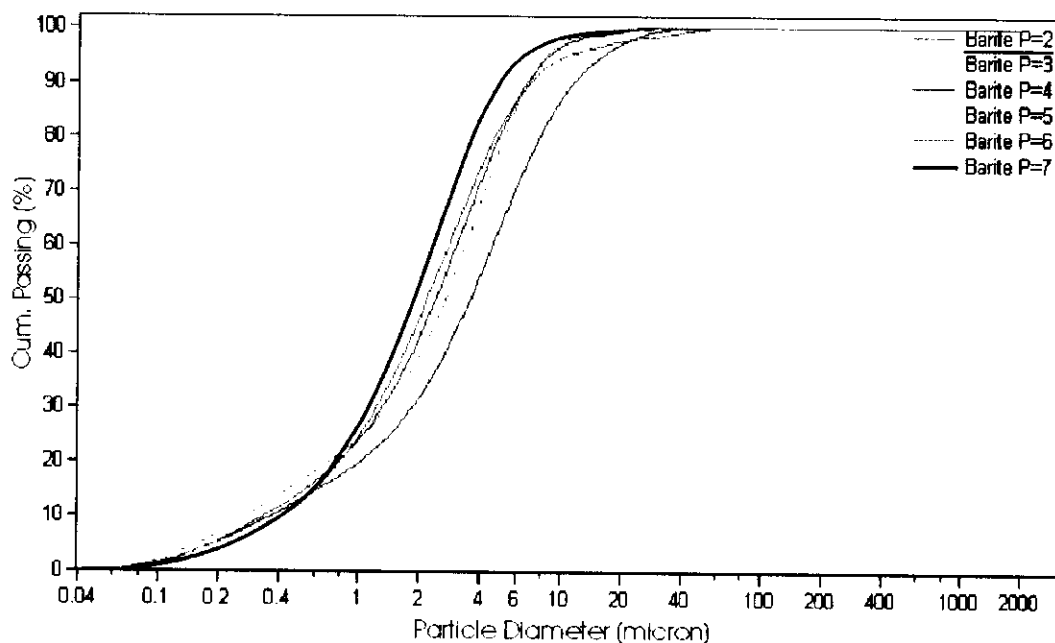
รูปที่ 3.36 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด $-20+35$ เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



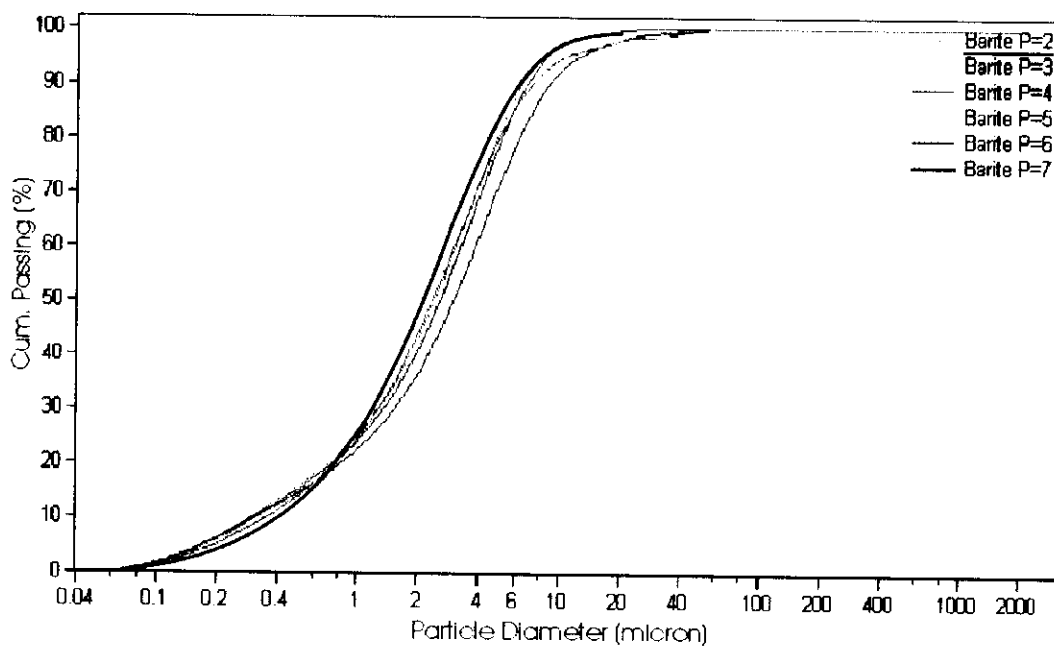
รูปที่ 3.37 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



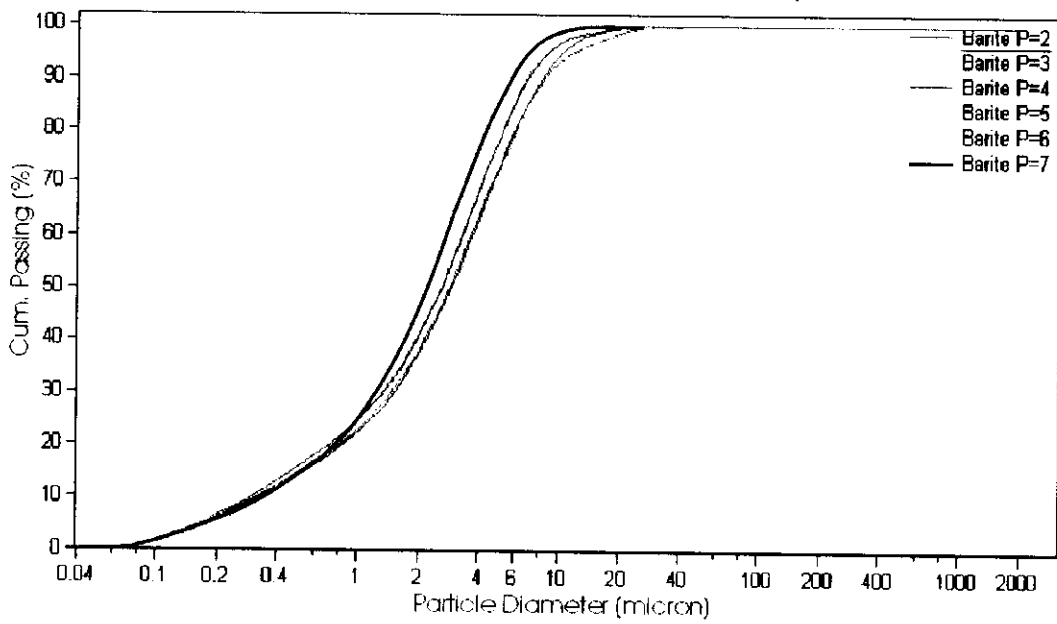
รูปที่ 3.38 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



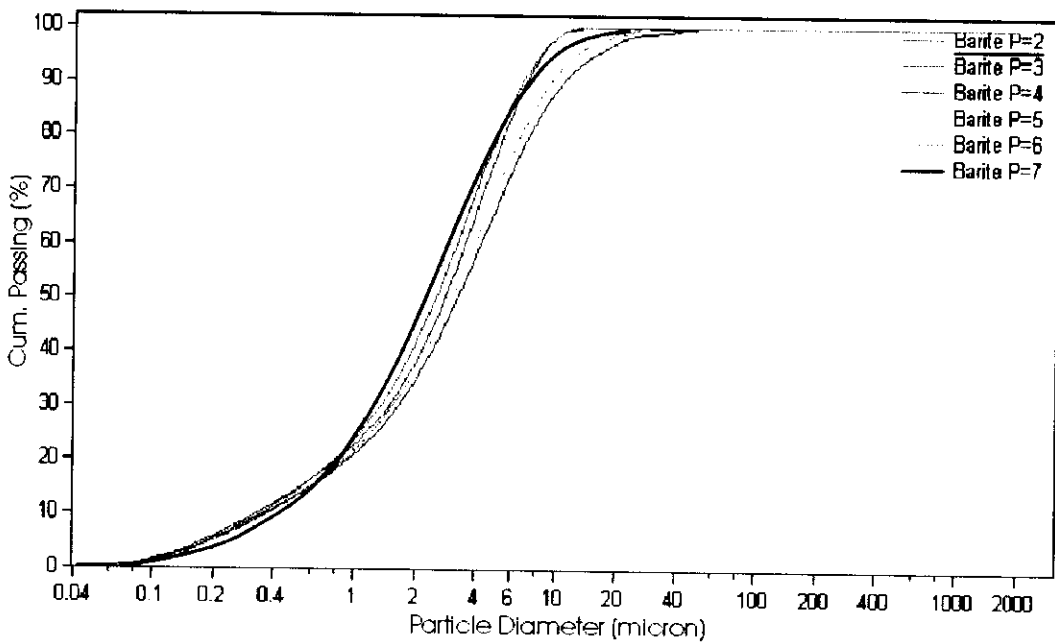
รูปที่ 3.39 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



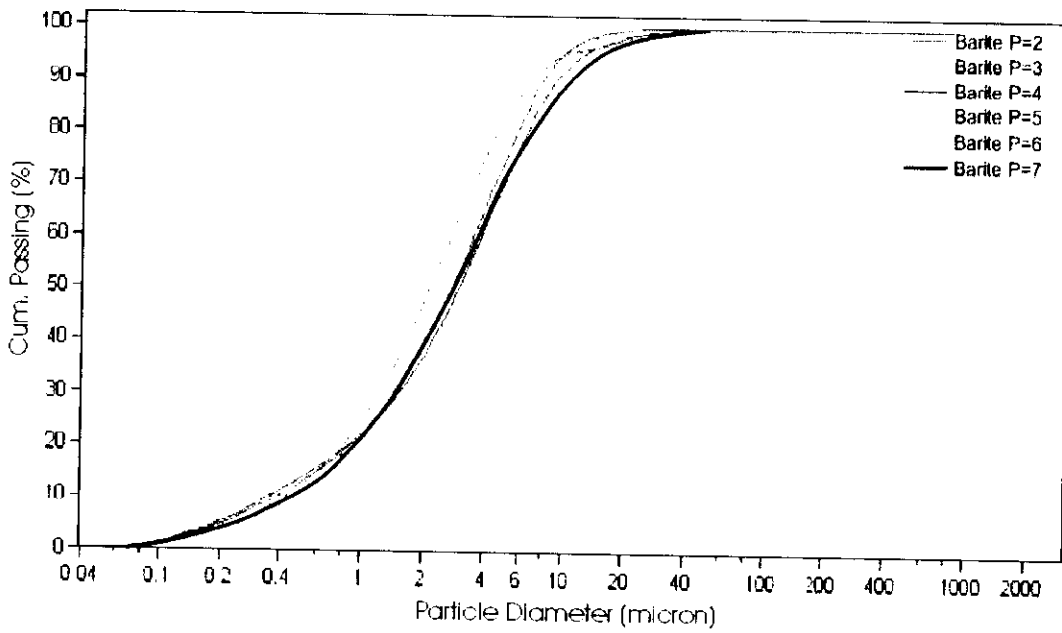
รูปที่ 3.40 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



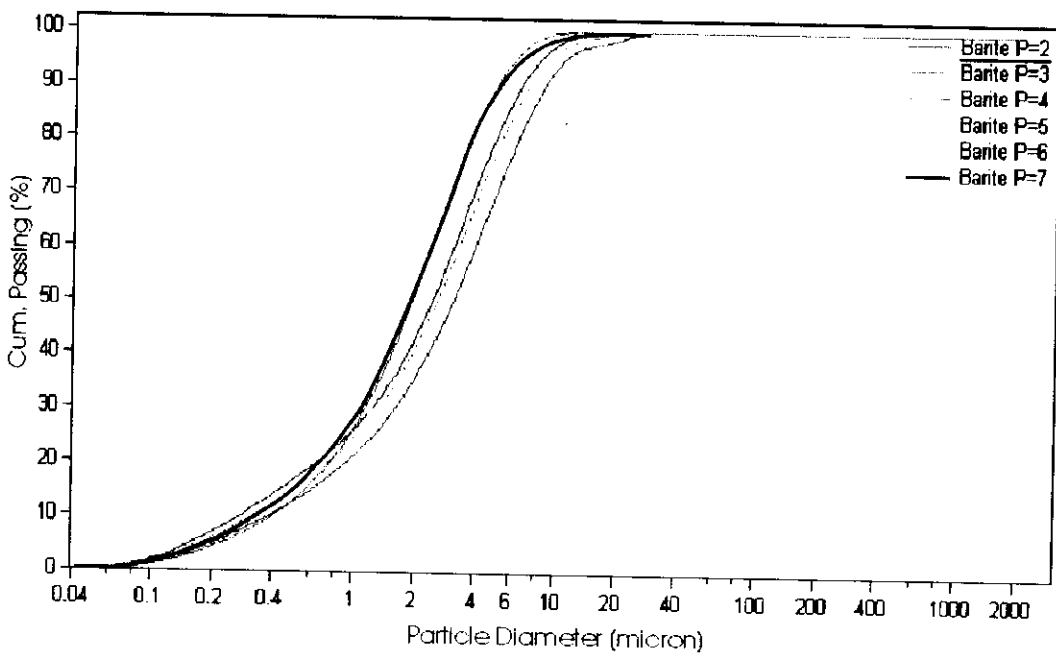
รูปที่ 3.41 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



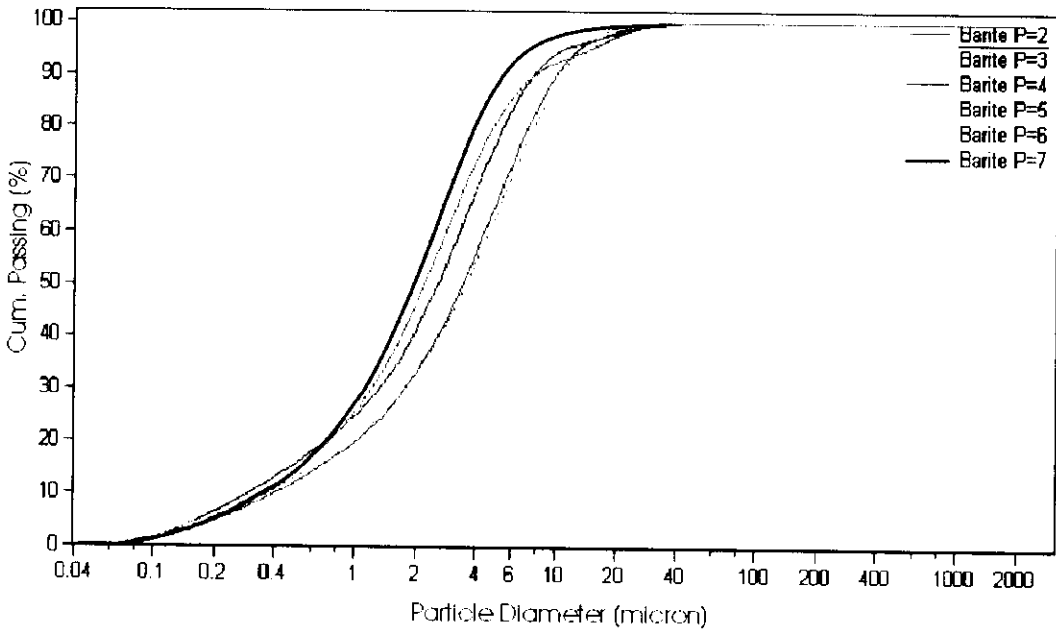
รูปที่ 3.42 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



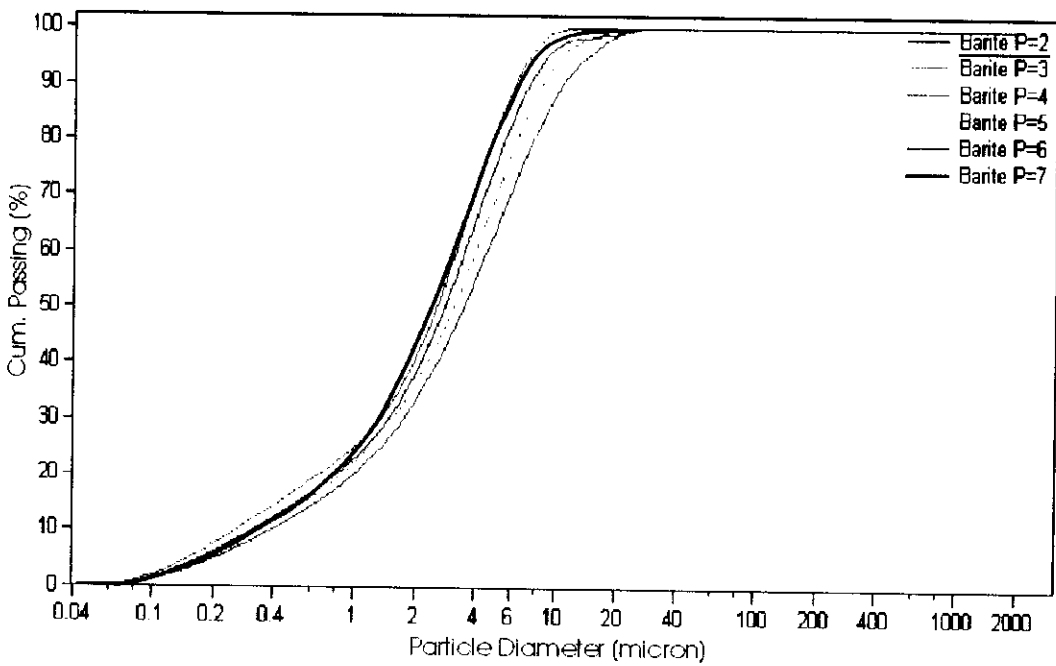
รูปที่ 3.43 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



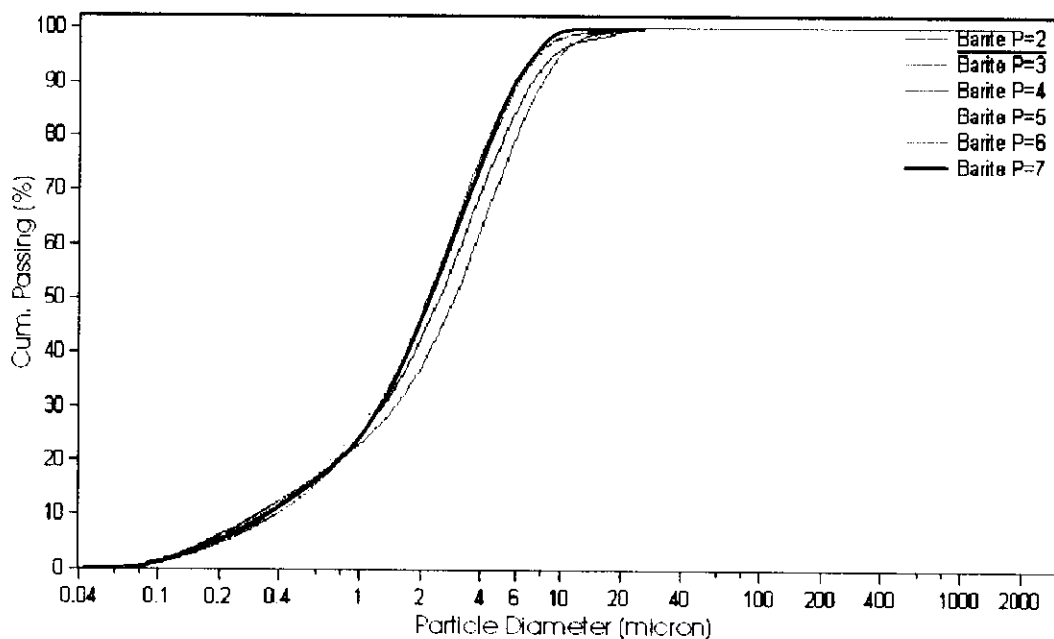
รูปที่ 3.44 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



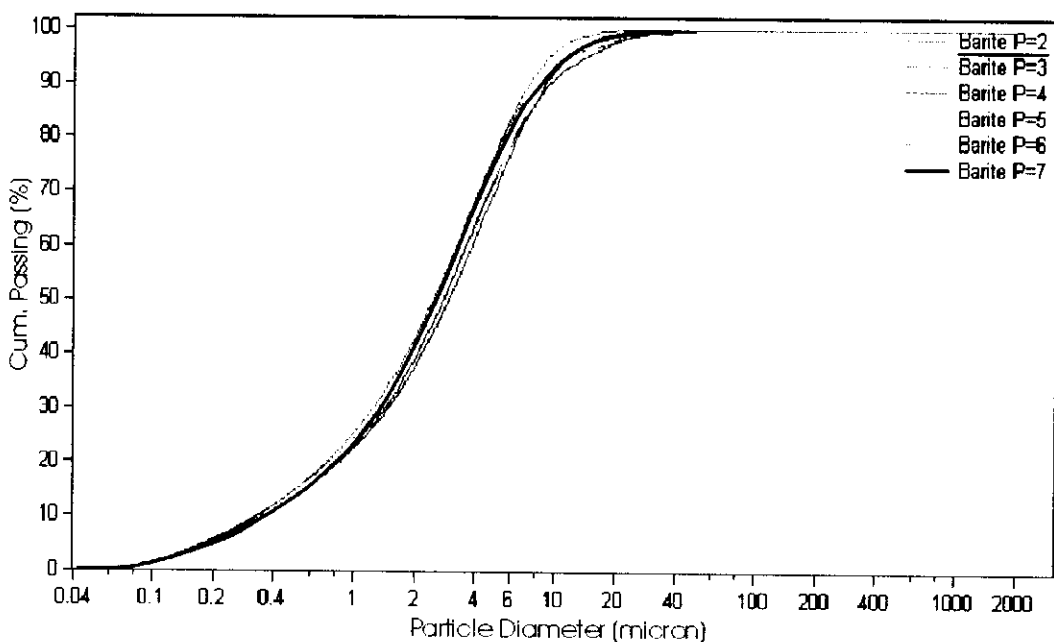
รูปที่ 3.45 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -35+65 เมช อัตราการบ่อน 2.0 กรัม/วินาที



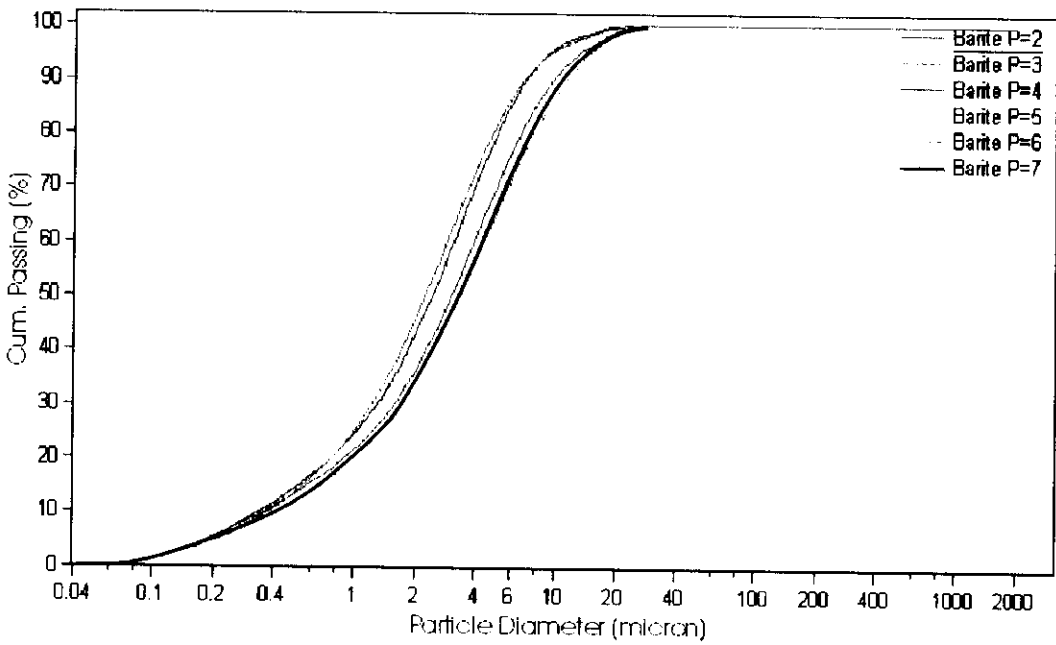
รูปที่ 3.46 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -65+100 เมช อัตราการบ่อน 0.2 กรัม/วินาที



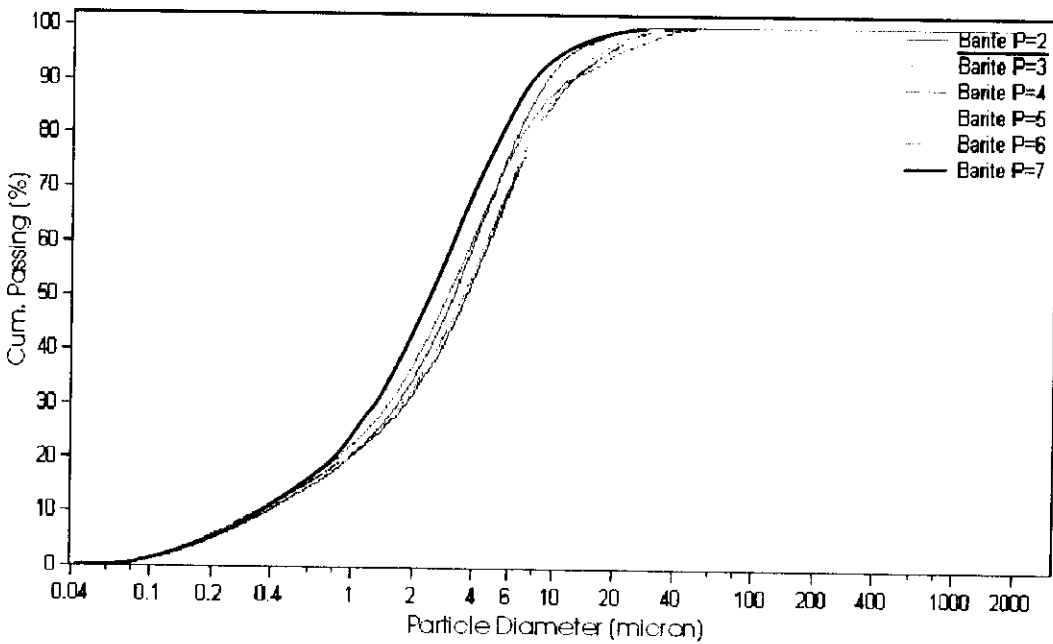
รูปที่ 3.47 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



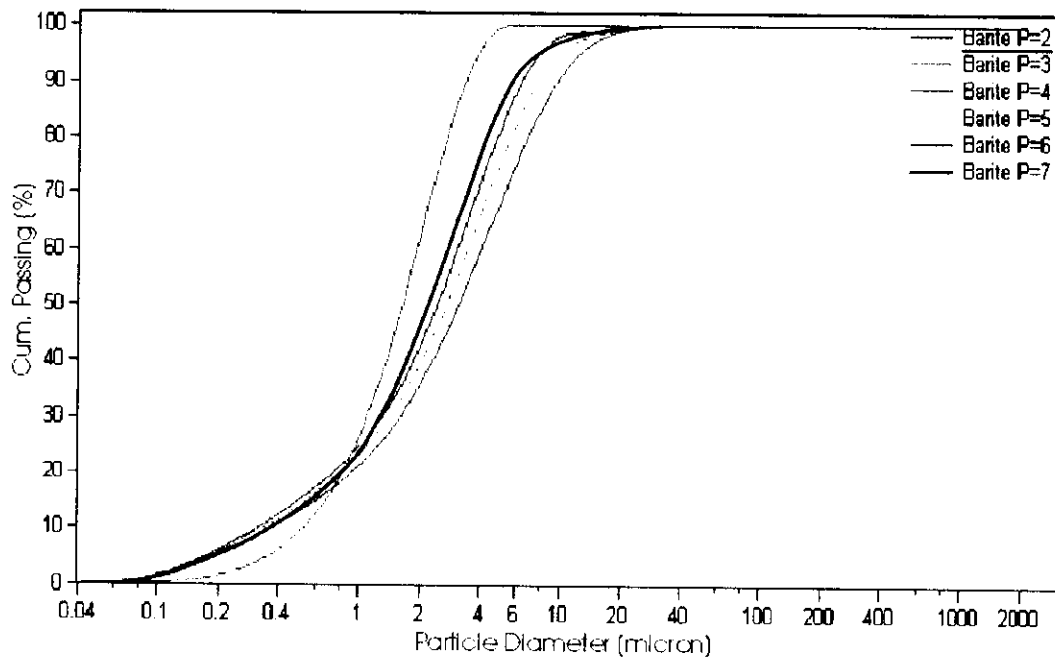
รูปที่ 3.48 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



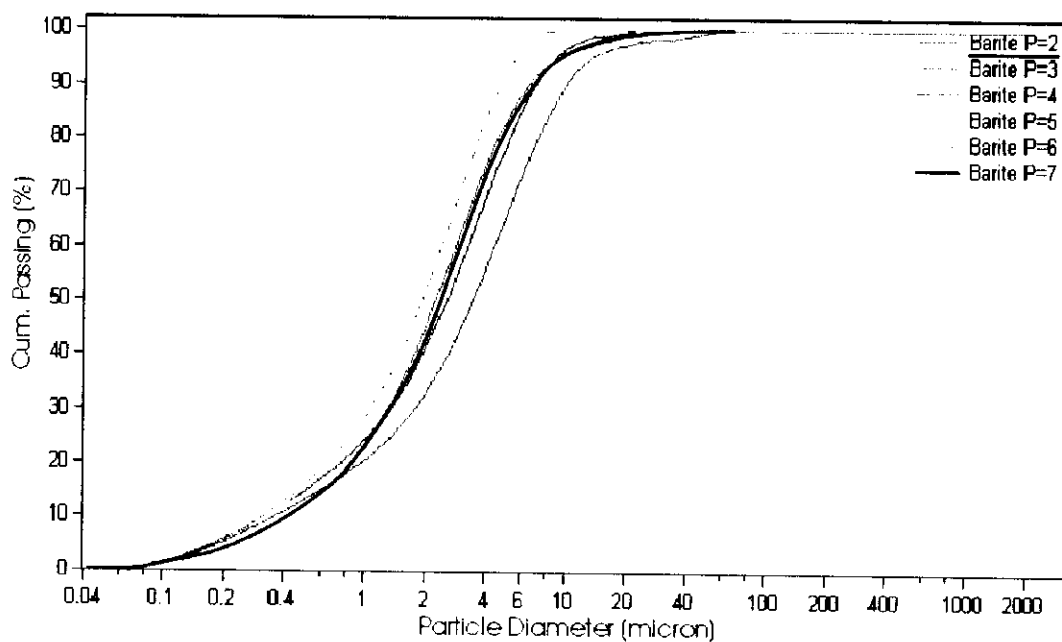
รูปที่ 3.49 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



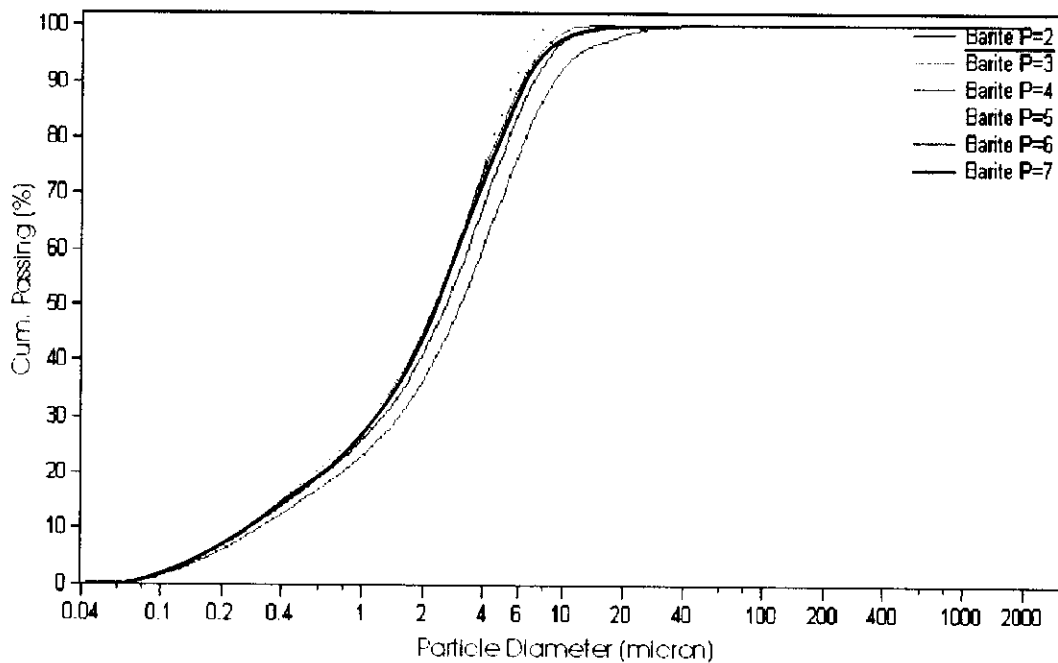
รูปที่ 3.50 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



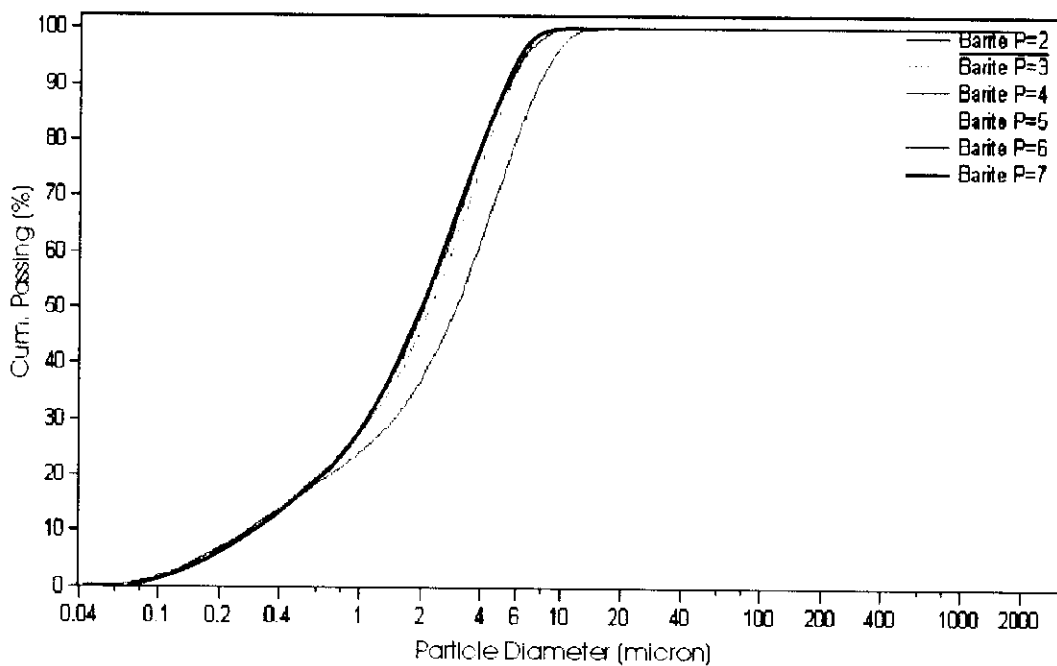
รูปที่ 3.51 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



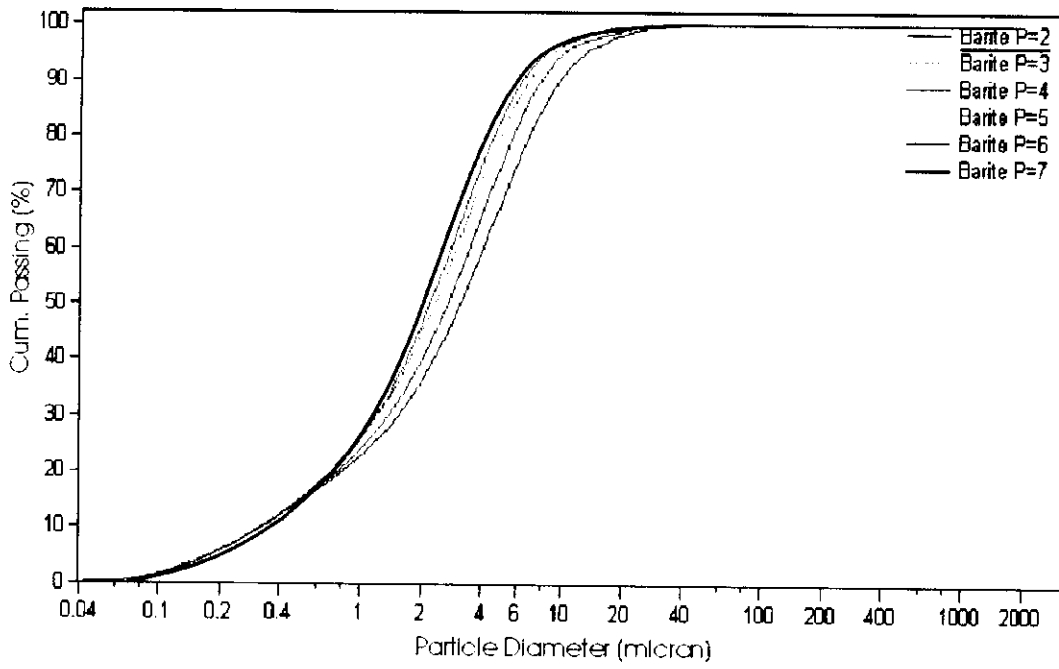
รูปที่ 3.52 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



รูปที่ 3.53 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



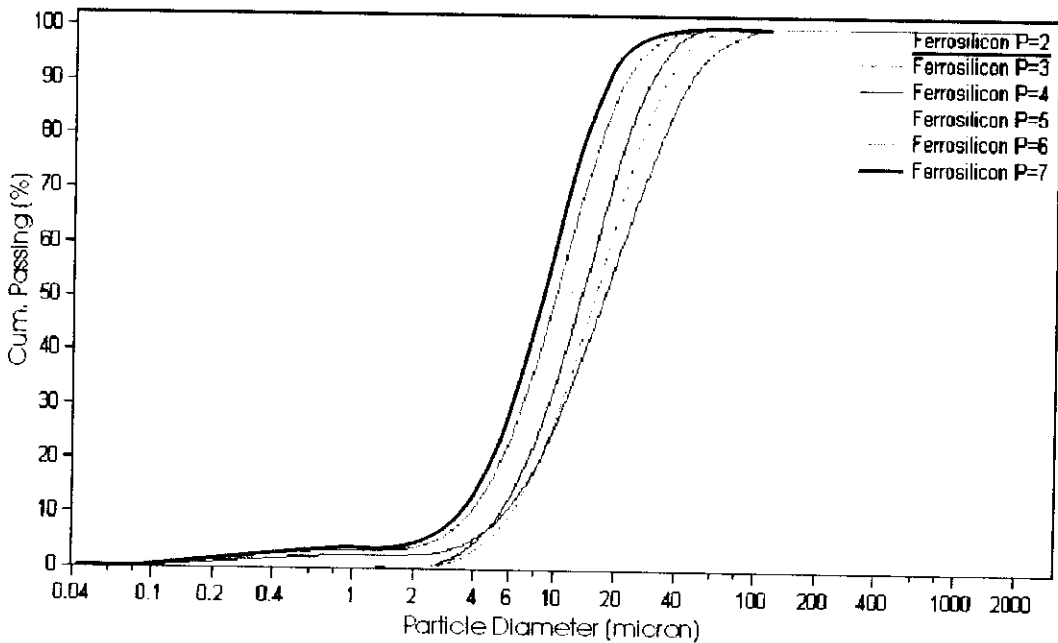
รูปที่ 3.54 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



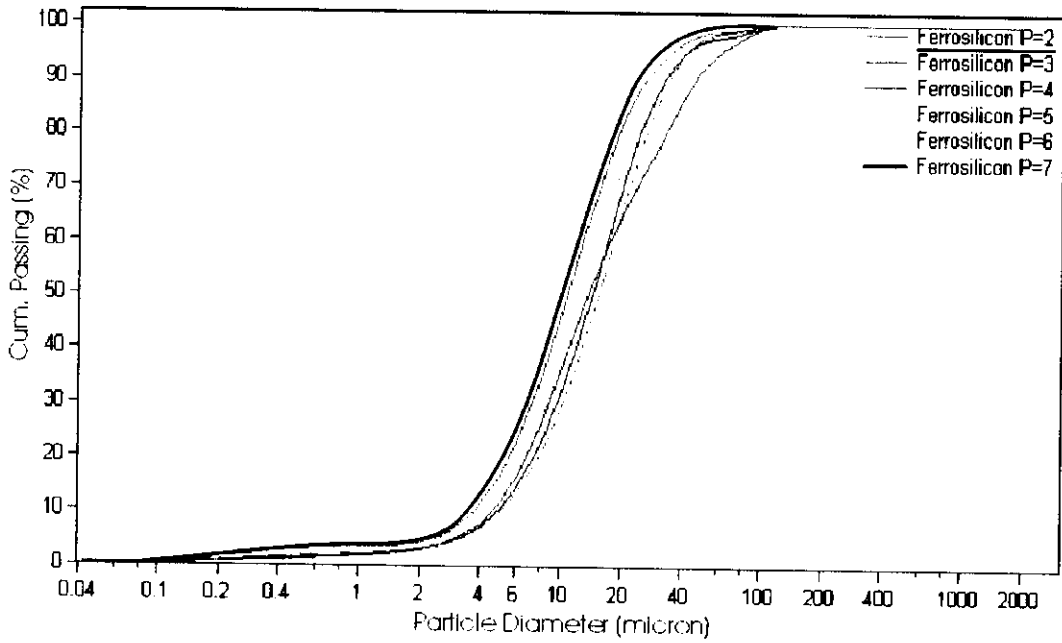
รูปที่ 3.55 การกระจายตัวของแร่แบไรต์ ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที

3.5.3 เฟอร์โรซิลิกอน

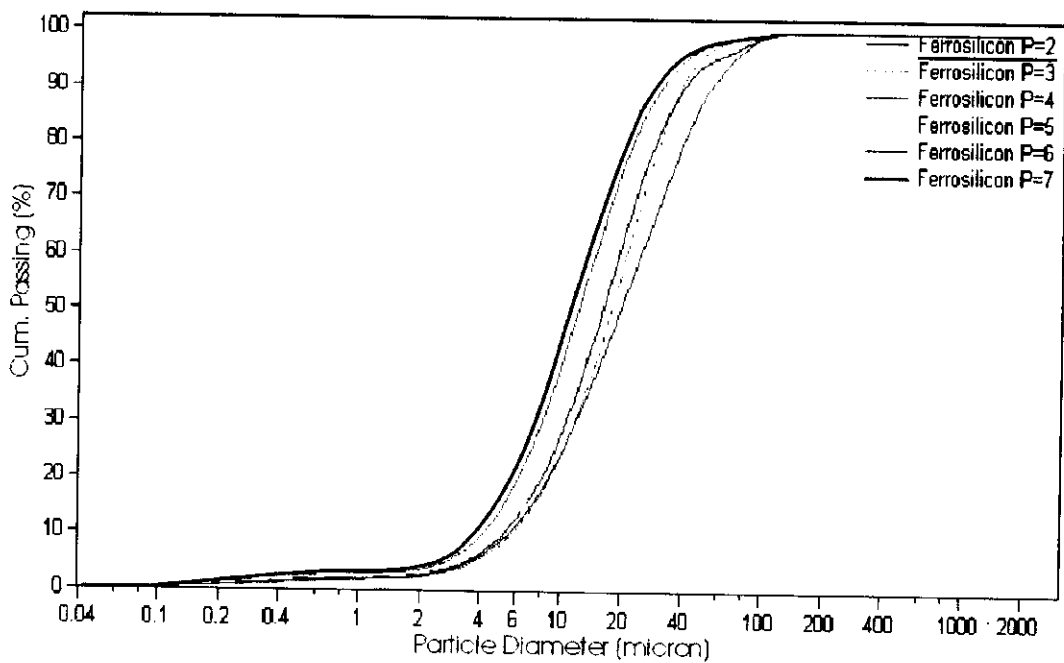
ในการบดเฟอร์โรซิลิกอนที่ขนาดแร่ป้อนขนาดใหญ่ (-20+35 เมช) พบว่าที่อัตราการป้อน 0.2 - 2.0 กรัม/วินาที ความดันมีผลต่อการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่บดได้ชัดเจนและคล้ายคลึงกัน โดยความดันที่สูงขึ้นสามารถบดแร่ได้ละเอียดมากขึ้น (รูปที่ 3.56 - 3.60) และพบว่าที่ขนาดแร่ป้อน -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช ที่อัตราการป้อน 0.2 และ 0.5 กรัม/วินาที ความดันมีผลต่อการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่บดได้ชัดเจน ในขณะที่อัตราการป้อน 0.7 - 2.0 กรัม/วินาที เห็นผลได้ไม่ชัดเจนนัก (รูปที่ 3.61 - 3.75) และยังพบว่าที่ทุกภาวะการทดลองมีการกระจายตัวของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.1 - 80 ไมครอน ยกเว้นที่ขนาดแร่ป้อน -65+100 เมช ที่อัตราการป้อน 0.2, 1.0 และ 2.0 กรัม/วินาที และขนาดแร่ป้อน -100+200 เมช ที่อัตราการป้อน 0.2 - 2.0 กรัม/วินาที ที่มีการกระจายตัวของอนุภาคอยู่ในช่วง 2 - 80 ไมครอน ซึ่งเป็นการกระจายของอนุภาคในช่วงขนาดที่กว้างกว่าเรียวปซัมและแบไรต์ เนื่องจากมีพฤติกรรมการแตกที่แตกต่างกัน การแตกของแบไรต์แตกตามแนวแตกซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกัน ส่วนเรียวปซัมเป็นแร่อ่อนที่แตกง่ายกว่าเฟอร์โรซิลิกอนซึ่งแข็งแกร่งกว่าและการแตกจะมีการแตกแบบ Shattering จึงได้อนุภาคที่มีการกระจายตัวในช่วงที่กว้างกว่า



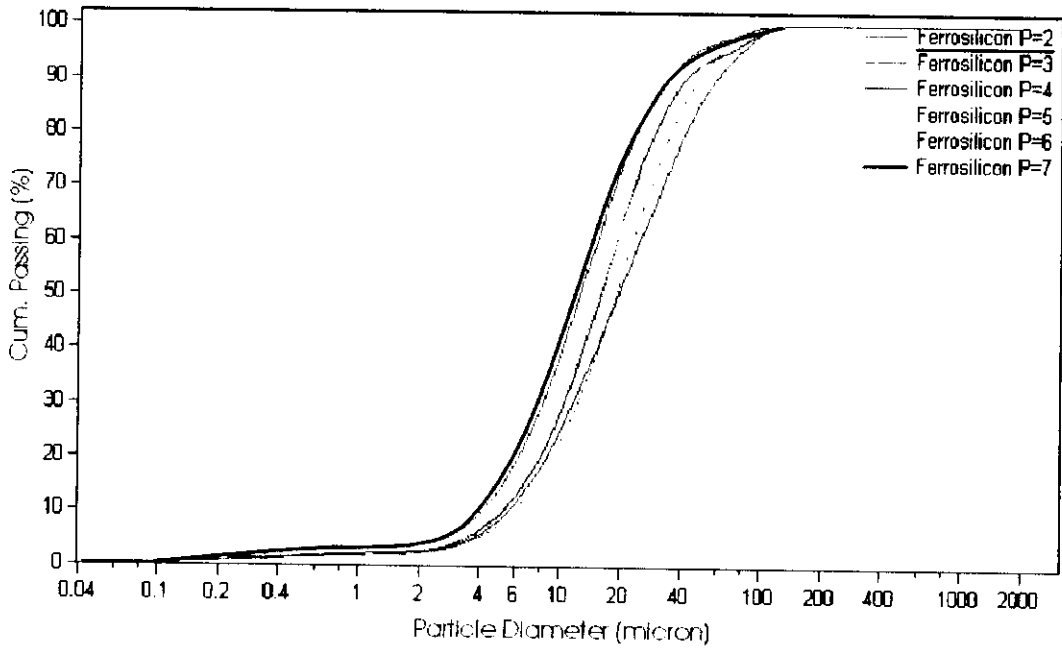
รูปที่ 3.56 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



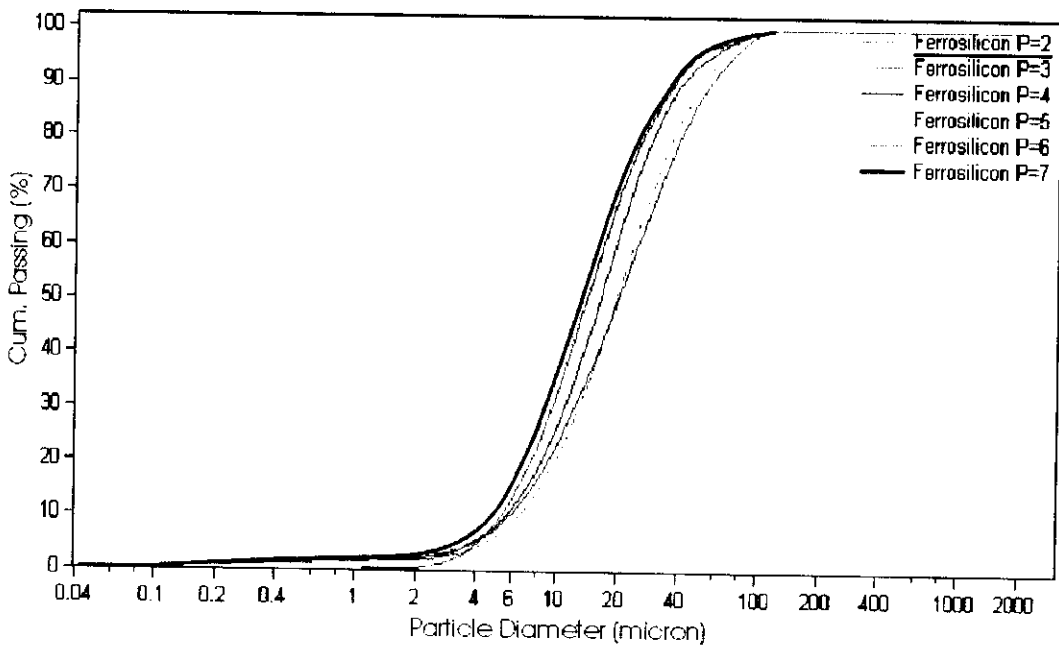
รูปที่ 3.57 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



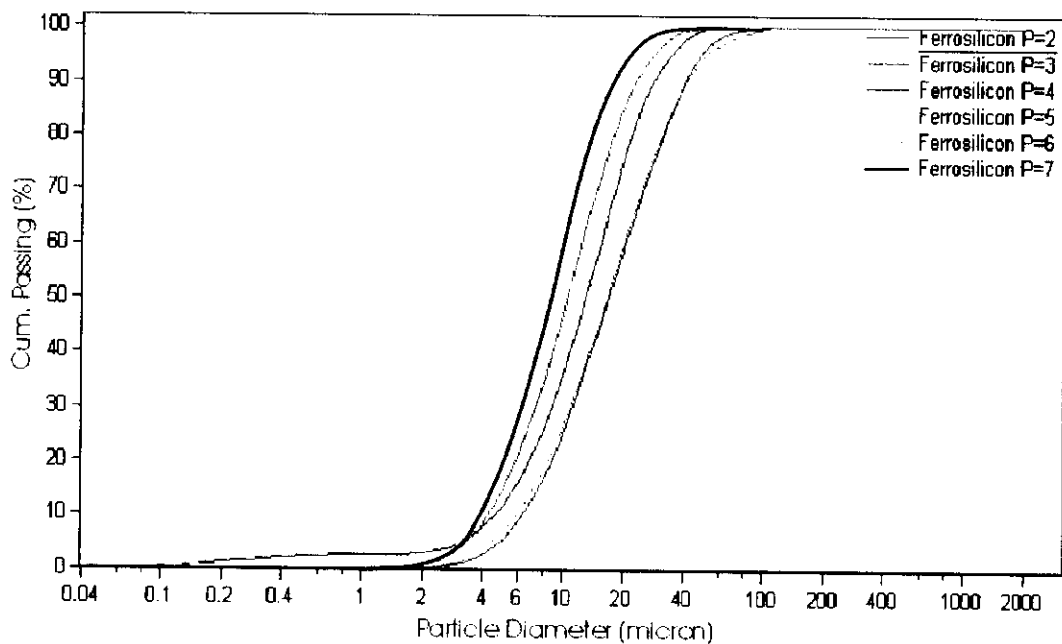
รูปที่ 3.58 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



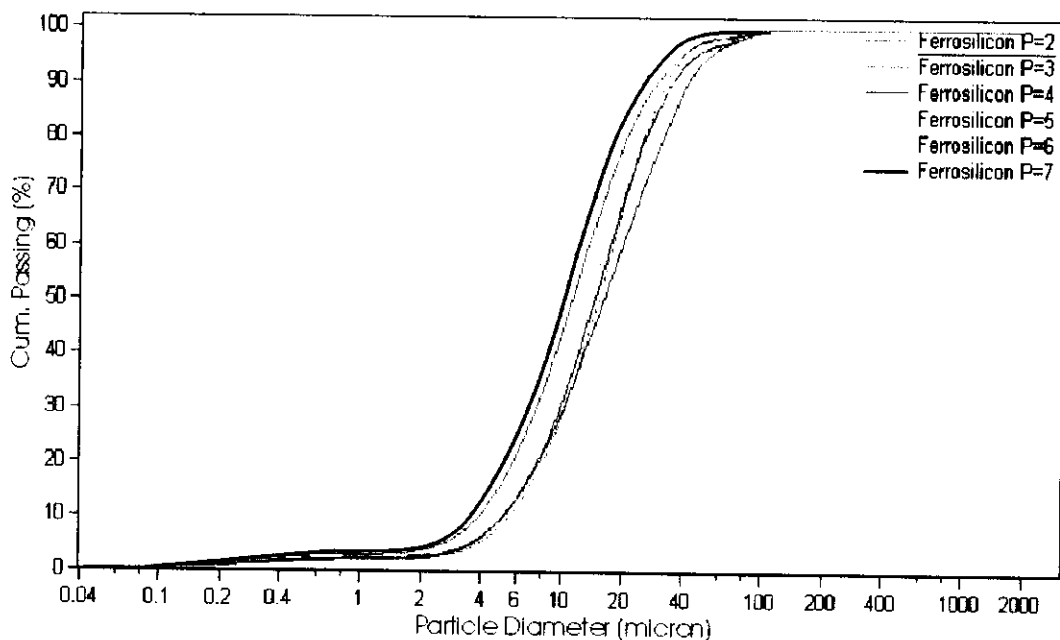
รูปที่ 3.59 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



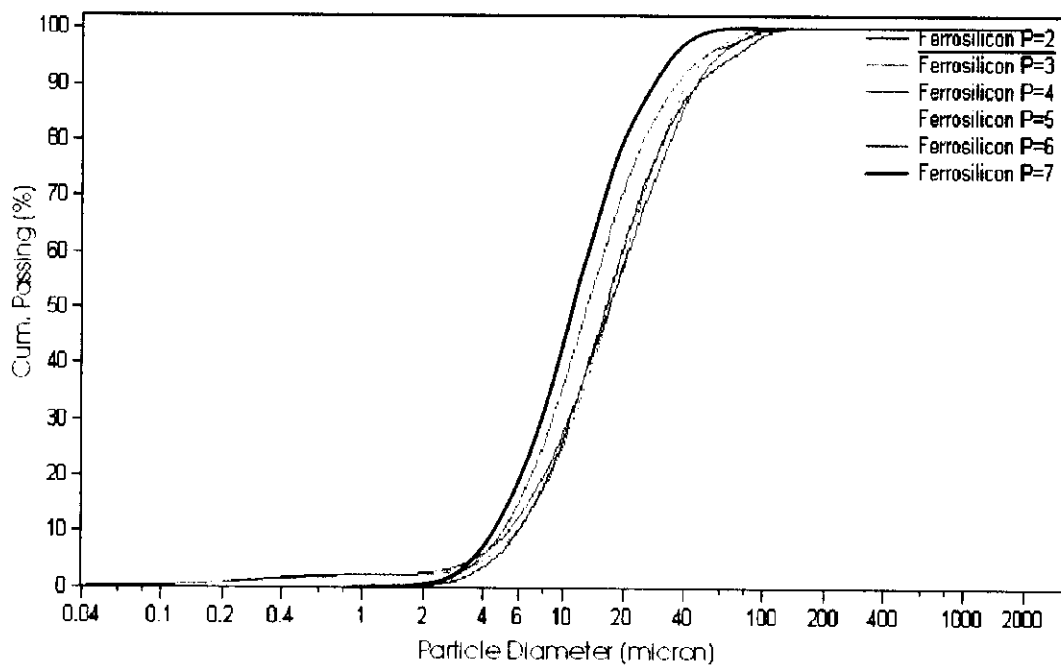
รูปที่ 3.60 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



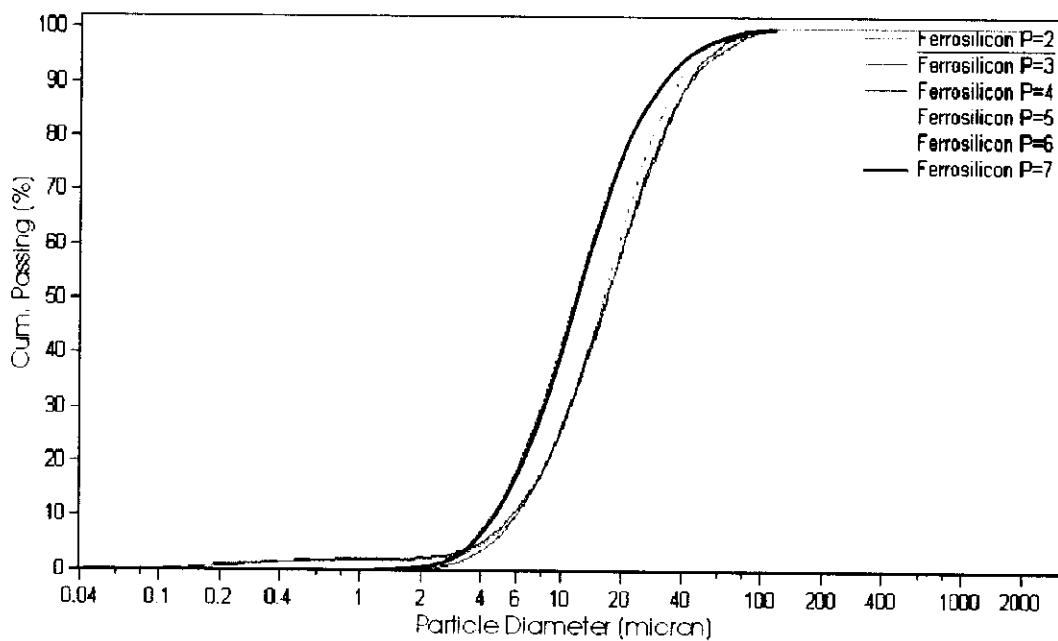
รูปที่ 3.61 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



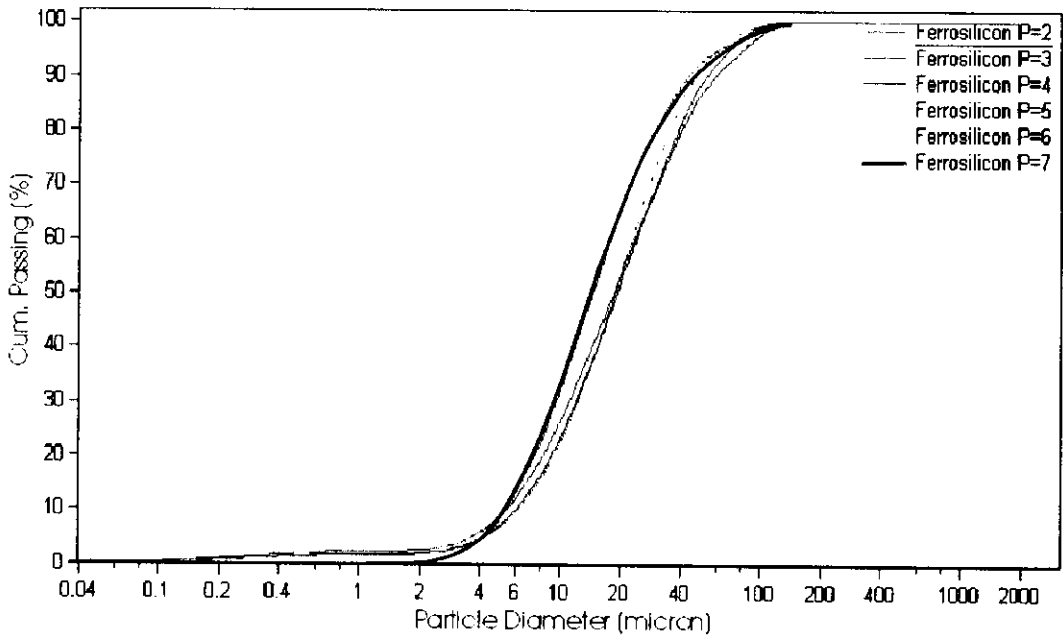
รูปที่ 3.62 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



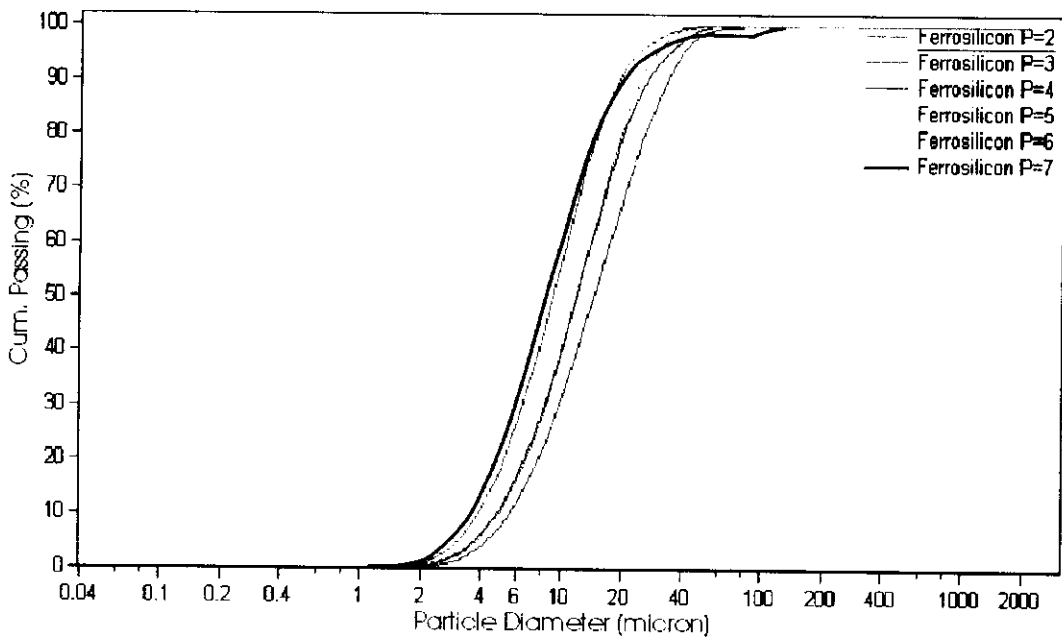
รูปที่ 3.63 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



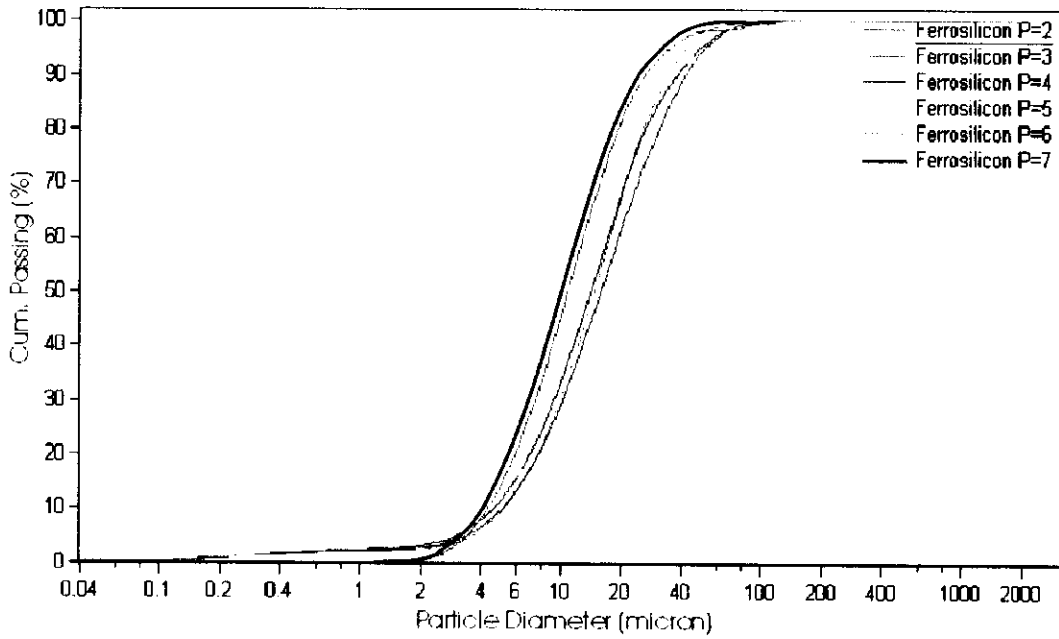
รูปที่ 3.64 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



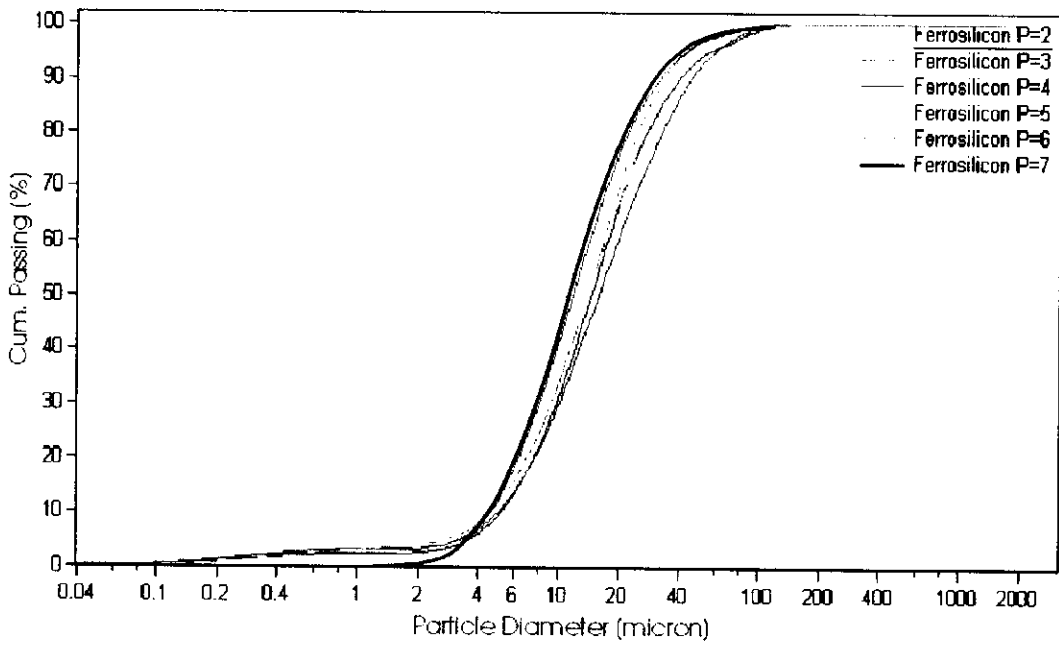
รูปที่ 3.65 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



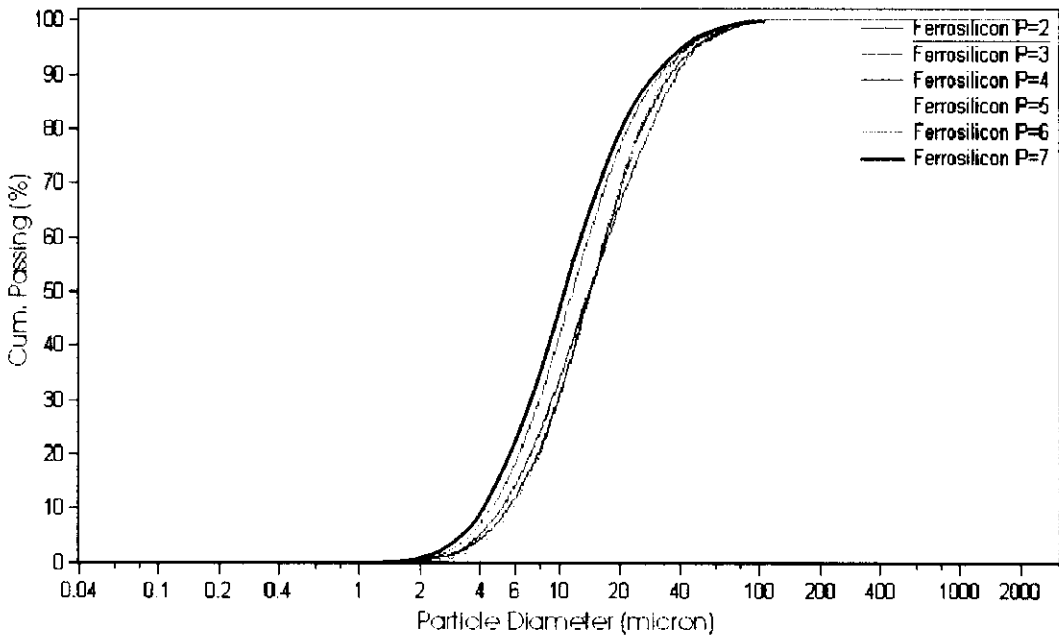
รูปที่ 3.66 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



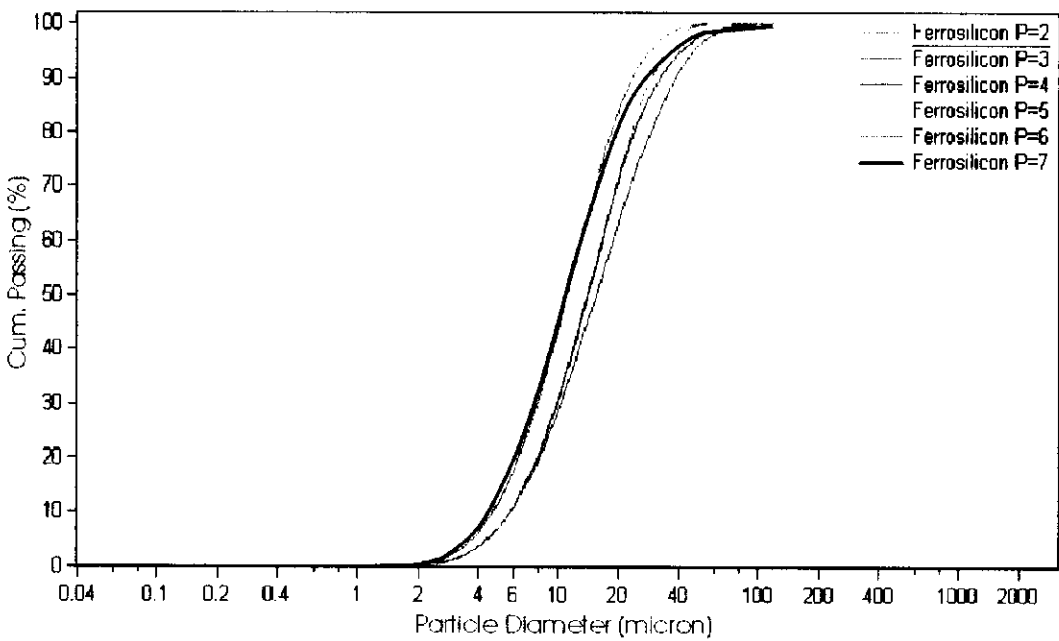
รูปที่ 3.67 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



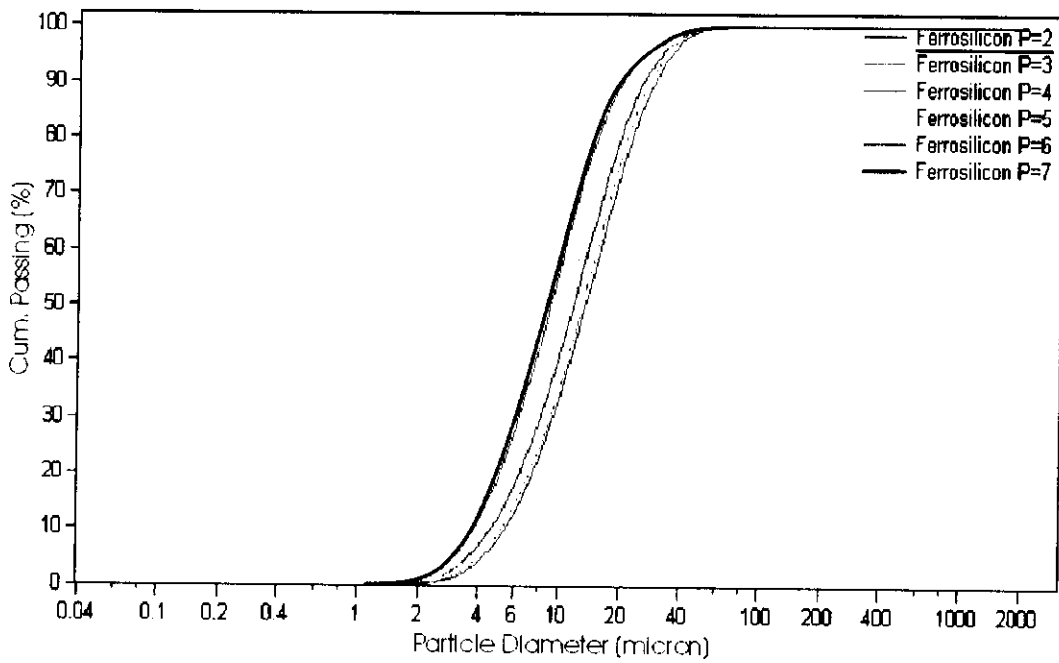
รูปที่ 3.68 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



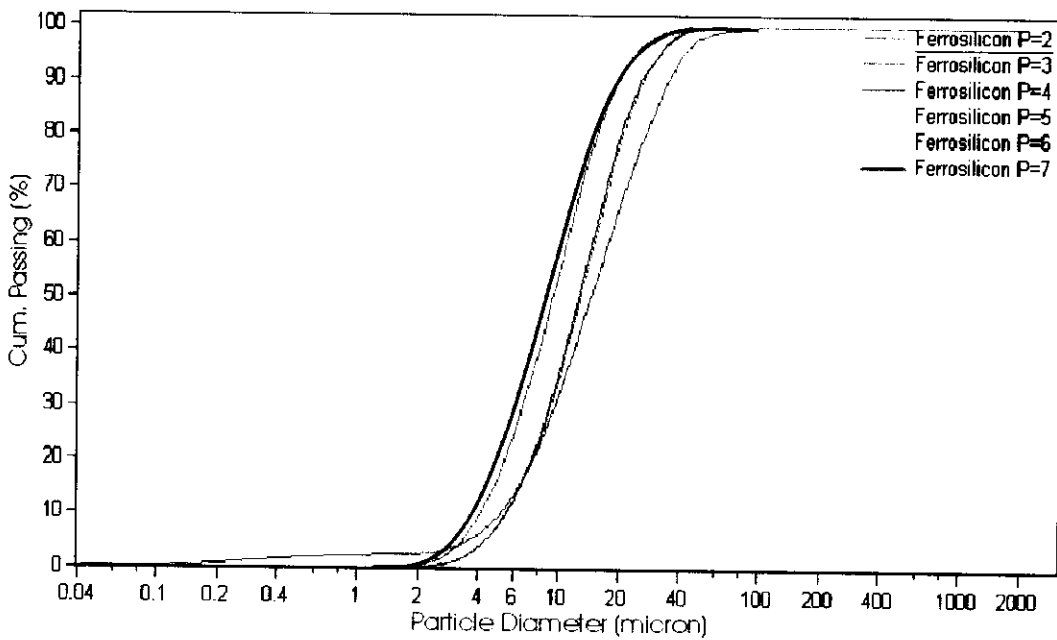
รูปที่ 3.69 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



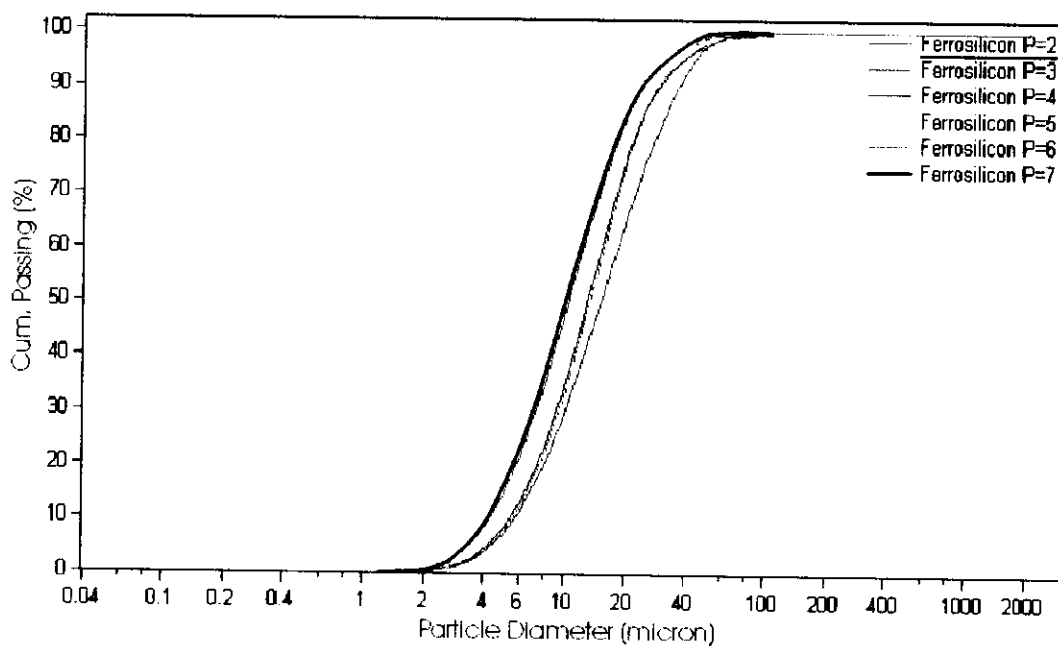
รูปที่ 3.70 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



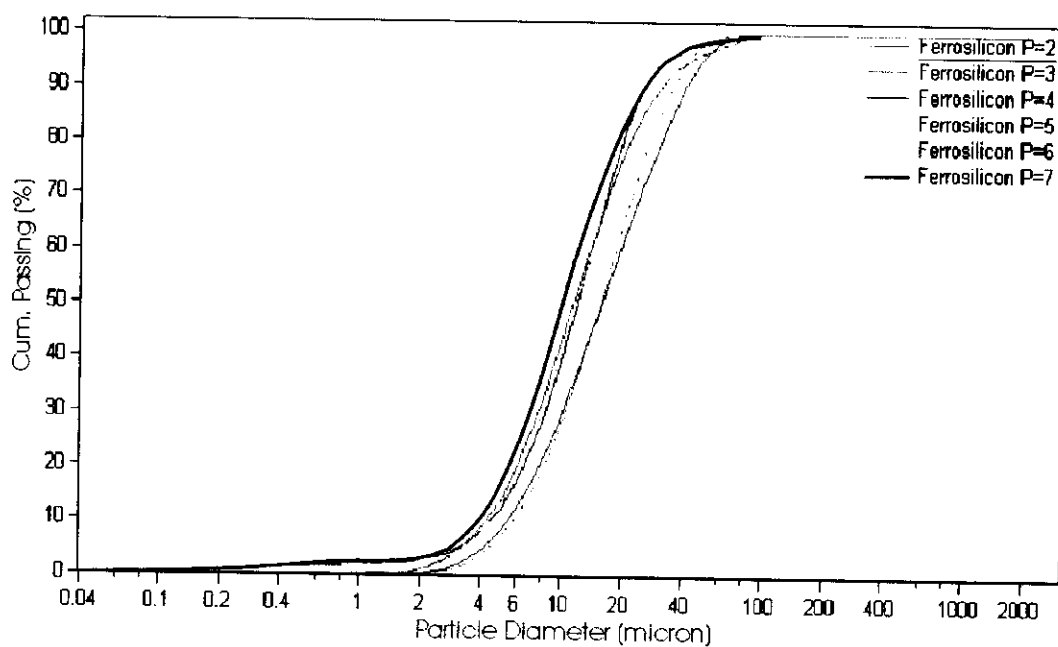
รูปที่ 3.71 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน
0.2 กรัม/วินาที



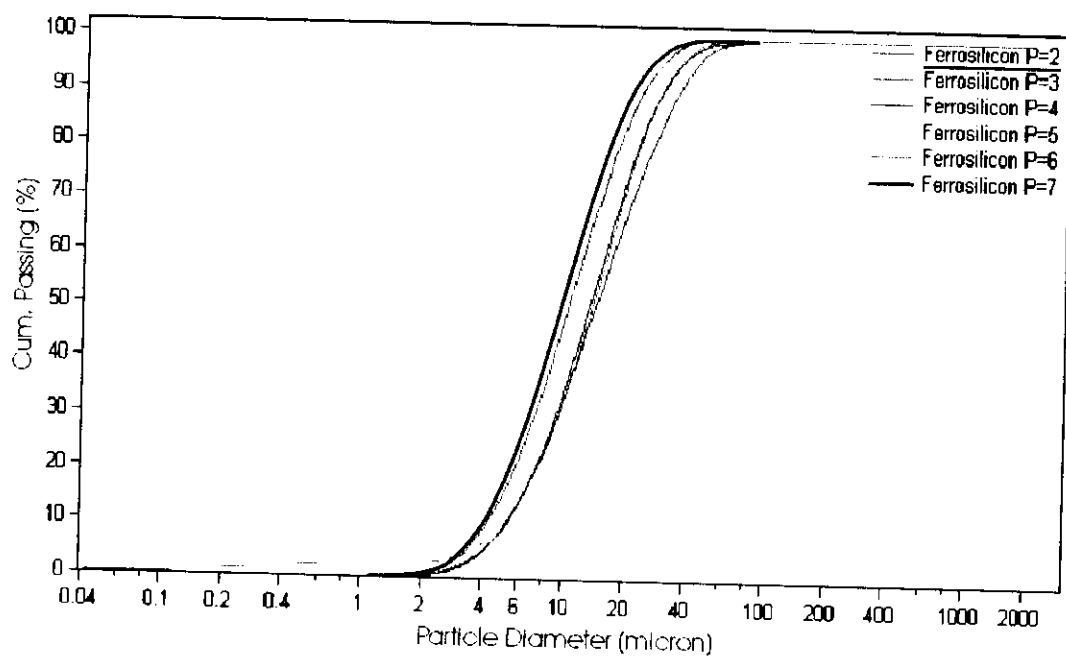
รูปที่ 3.72 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน
0.5 กรัม/วินาที



รูปที่ 3.73 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน
0.7 กรัม/วินาที



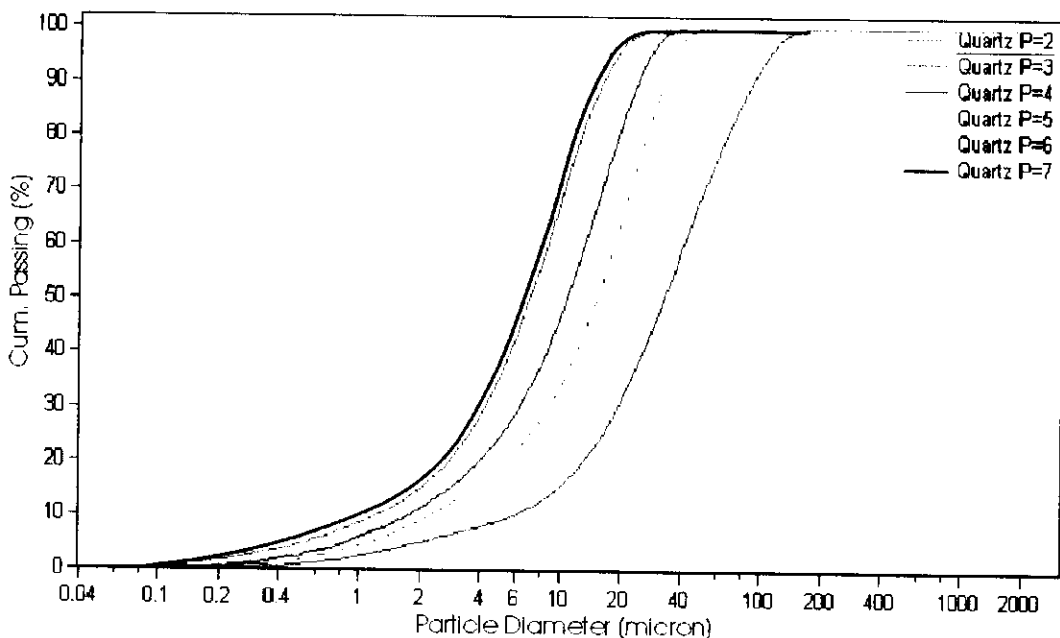
รูปที่ 3.74 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน
1.0 กรัม/วินาที



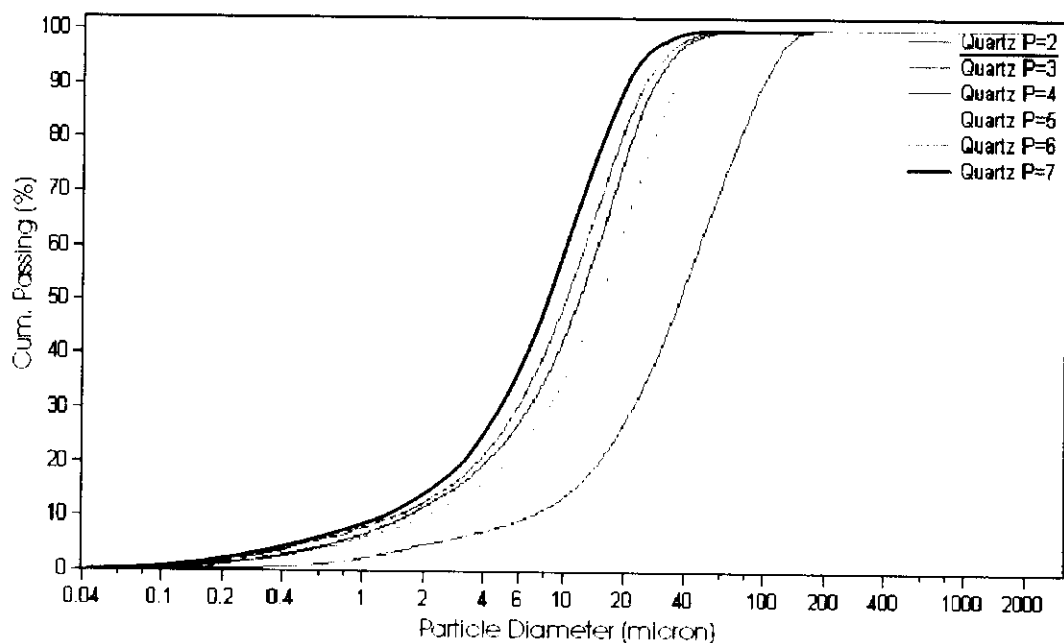
รูปที่ 3.75 การกระจายตัวของเฟอร์โรซิลิกอน ขนาด -100+200 เมช อัตราการป้อน
2.0 กรัม/วินาที

3.5.3 แร่ควอร์ตซ์

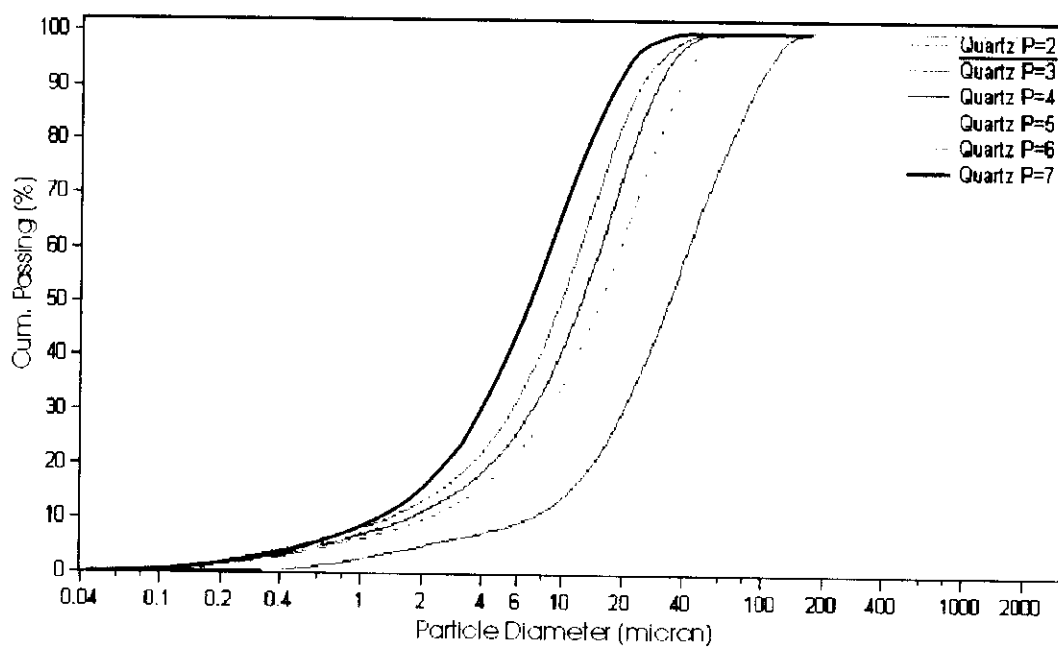
ในการบดแร่ควอร์ตซ์ที่ขนาดแร่ป้อน -20+35 เมช ที่อัตราการป้อน 0.2 – 2.0 กรัม/วินาที ความดันมีผลต่อการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่บดได้ชัดเจนมาก และมีลักษณะการกระจายตัวที่คล้ายคลึงกัน โดยความดันที่สูงขึ้นสามารถบดแร่ได้ละเอียดมากขึ้น เช่นที่ความดัน 3 – 7 กก./ตร.ซม. มีการกระจายตัวของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.1 – 40 ไมครอน ในขณะที่ความดัน 2 กก./ตร.ซม. มีการกระจายตัวของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.2 – 120 ไมครอน (รูปที่ 3.76 – 3.80) และพบว่าสำหรับขนาดแร่ป้อนที่มีขนาดเล็ก อิทธิพลของความดันที่อัตราการป้อนต่างๆต่อการกระจายตัวของอนุภาคมีน้อยลง โดยสังเกตเห็นได้ว่าเส้นกราฟการกระจายตัวที่ความดันต่างๆอยู่ชิดกันมากขึ้น (รูปที่ 3.81 – 3.95) ที่สภาวะการทดลองเหล่านี้อนุภาคแร่ควอร์ตซ์ที่บดได้มีการกระจายตัวของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.2 – 60 ไมครอน ลักษณะการกระจายตัวคล้ายๆกับเฟอร์โรซิลิกอน เพราะการแตกของควอร์ตซ์ซึ่งเป็นแร่เปราะและแข็งจะเป็นแบบ Shattering เหมือนกัน



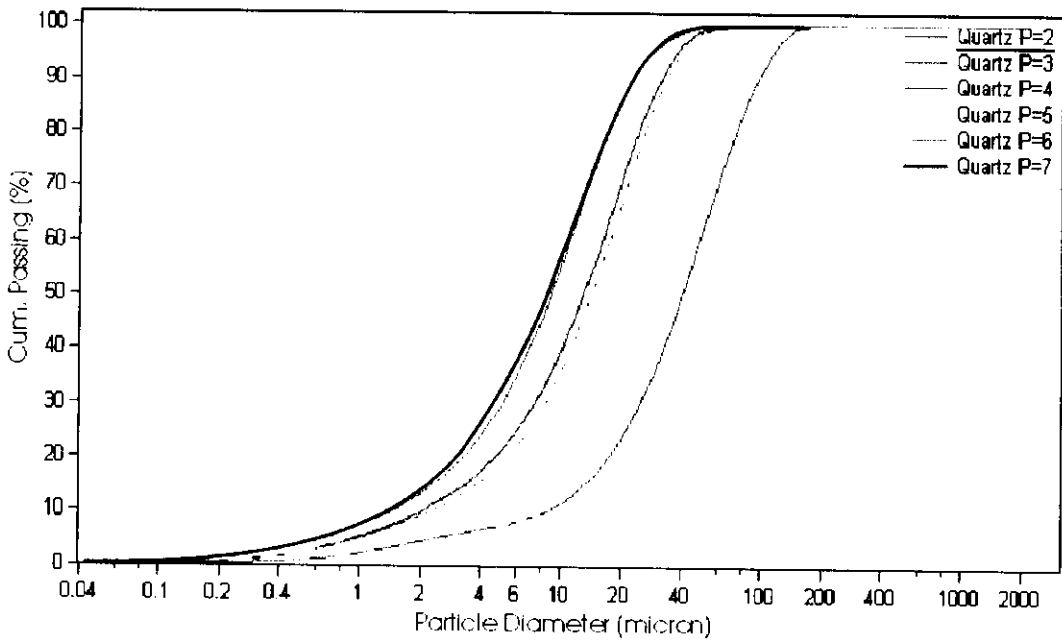
รูปที่ 3.76 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



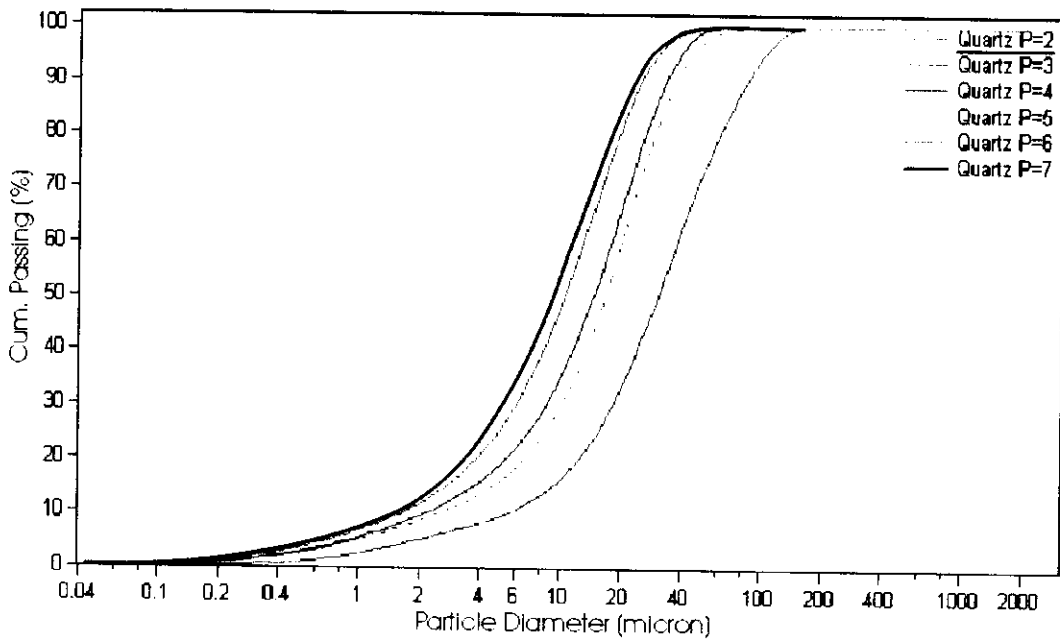
รูปที่ 3.77 การกระจายตัวของแร่ควออตซ์ ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



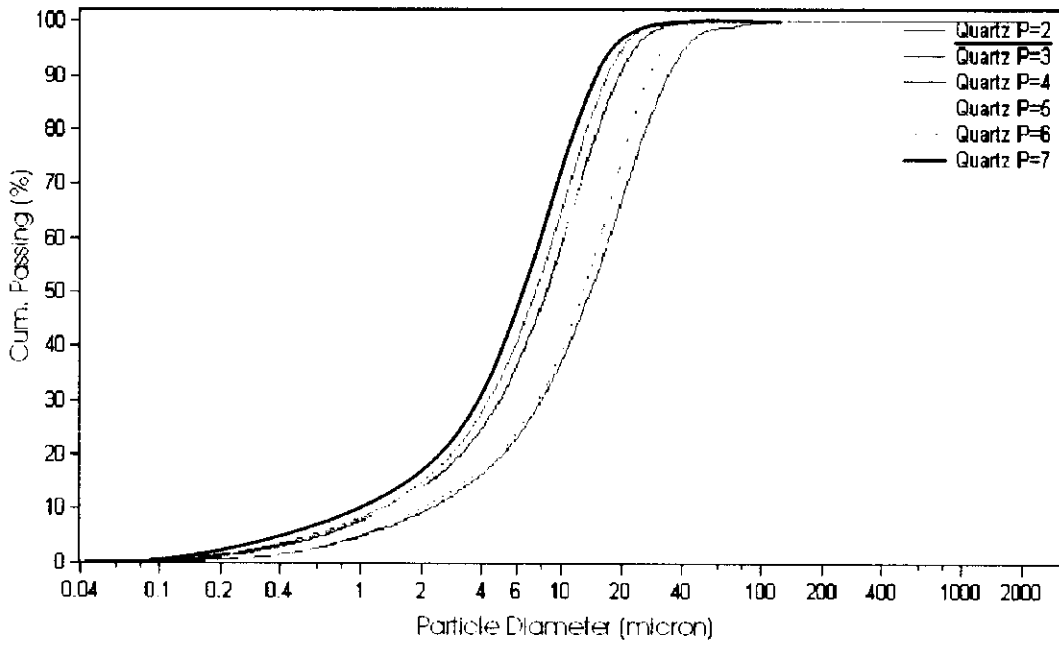
รูปที่ 3.78 การกระจายตัวของแร่ควออตซ์ ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



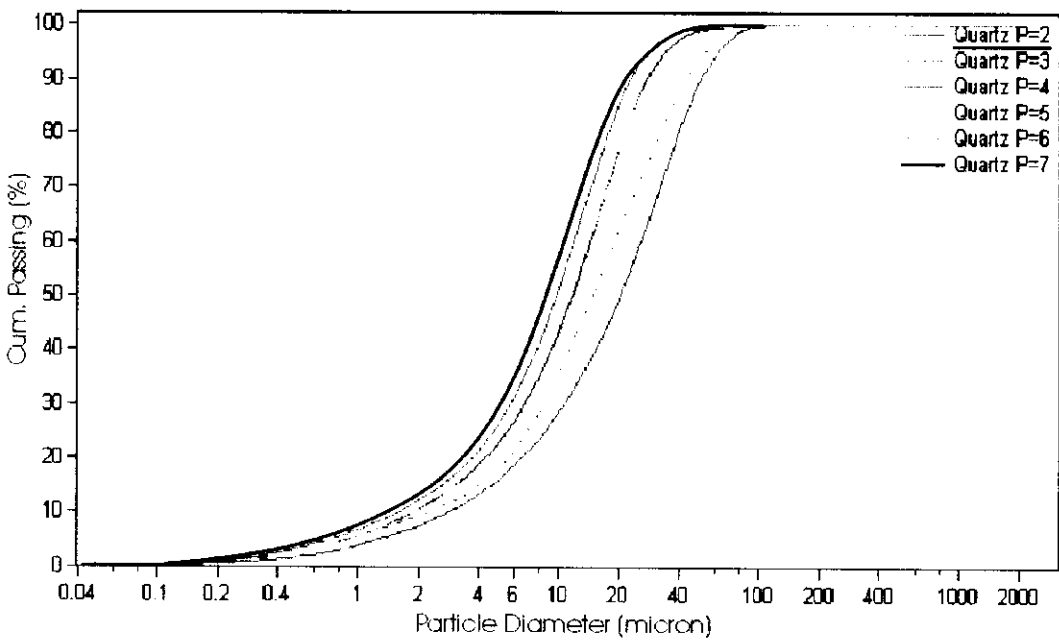
รูปที่ 3.79 การกระจายตัวของแร่ควออร์ตซ์ ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



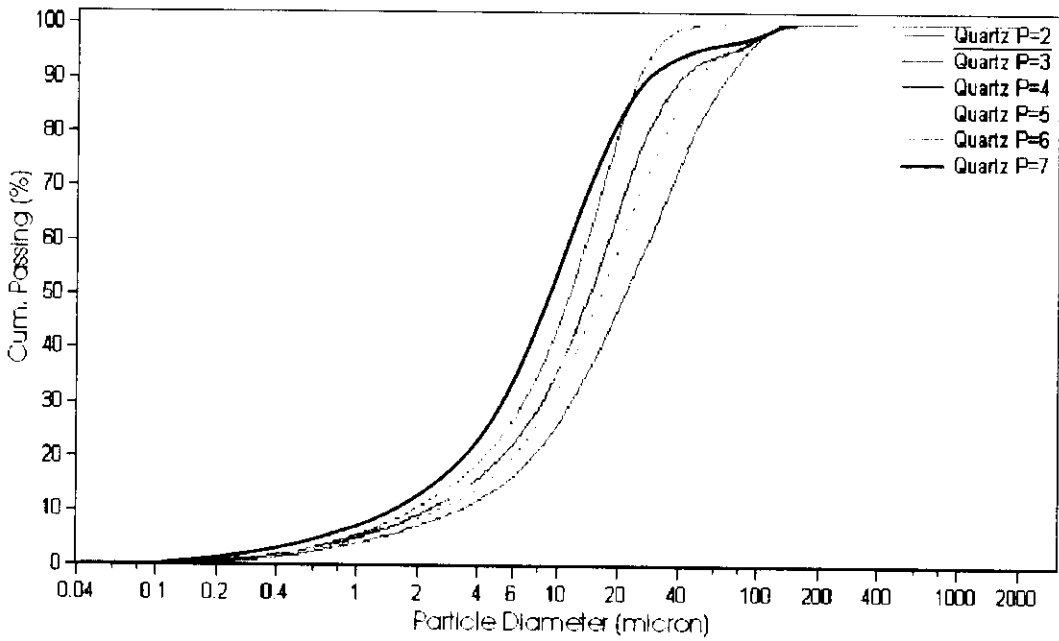
รูปที่ 3.80 การกระจายตัวของแร่ควออร์ตซ์ ขนาด -20+35 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



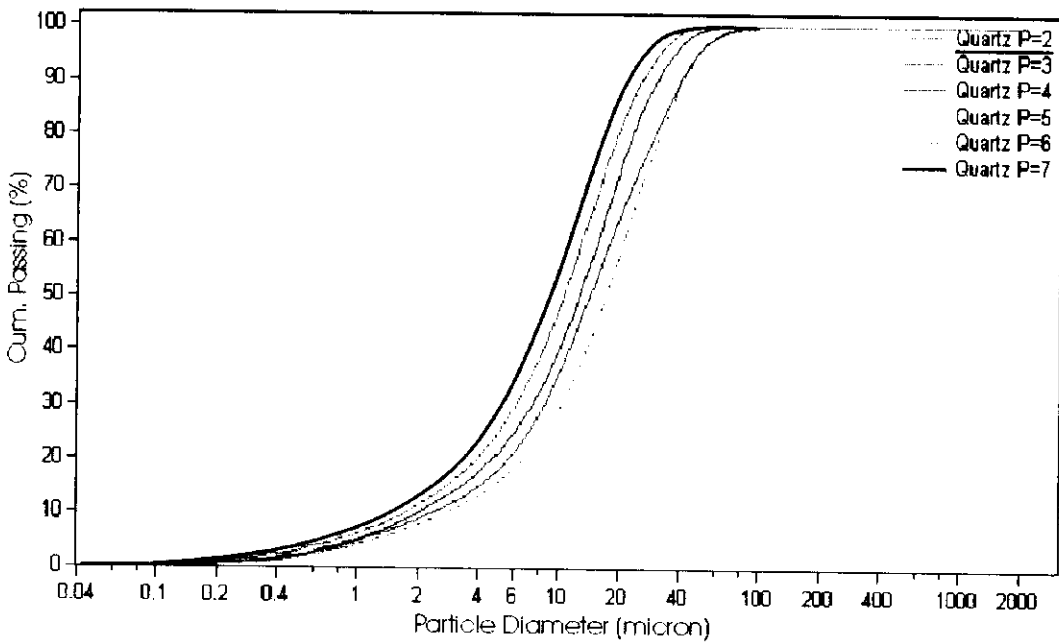
รูปที่ 3.81 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



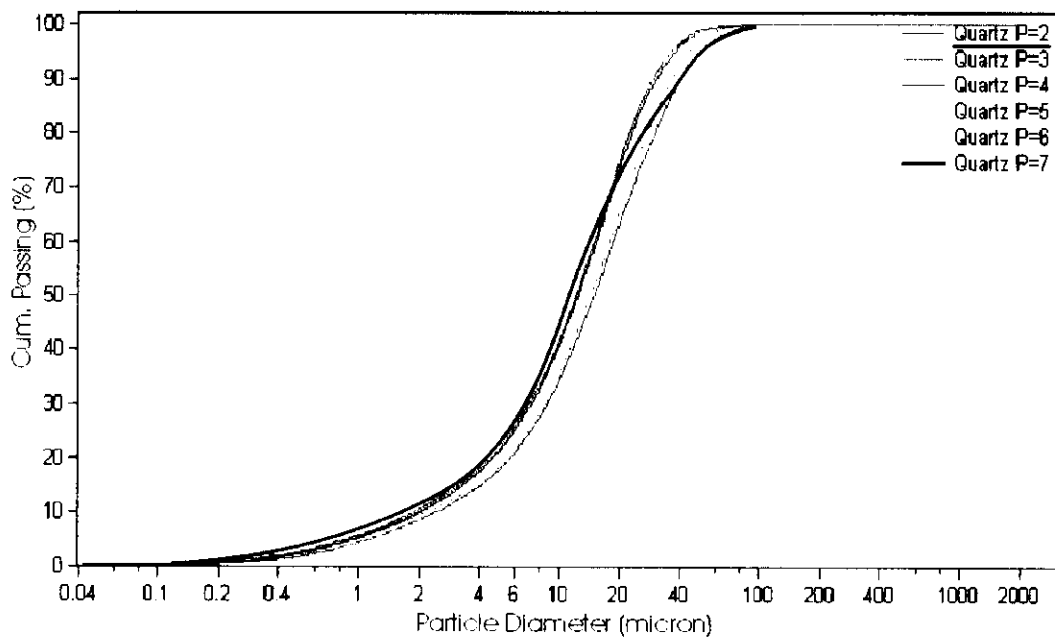
รูปที่ 3.82 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



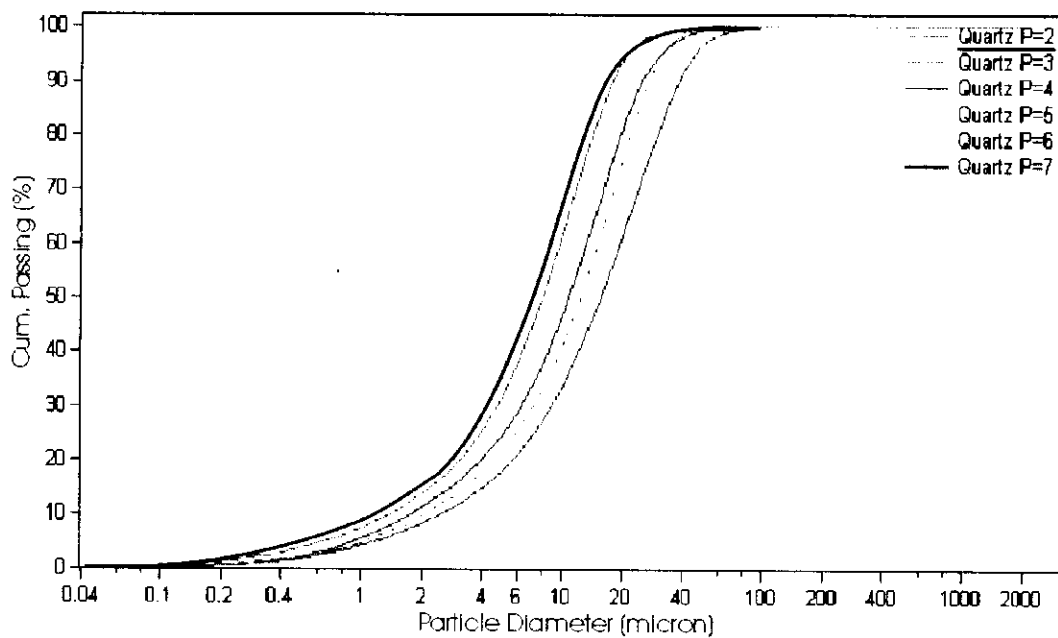
รูปที่ 3.83 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



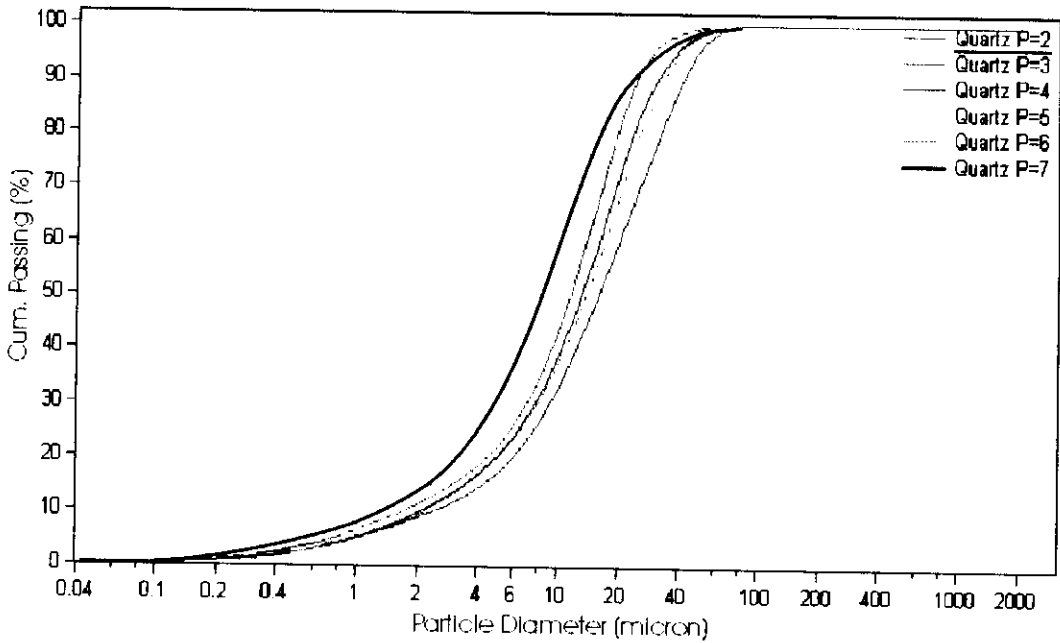
รูปที่ 3.84 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



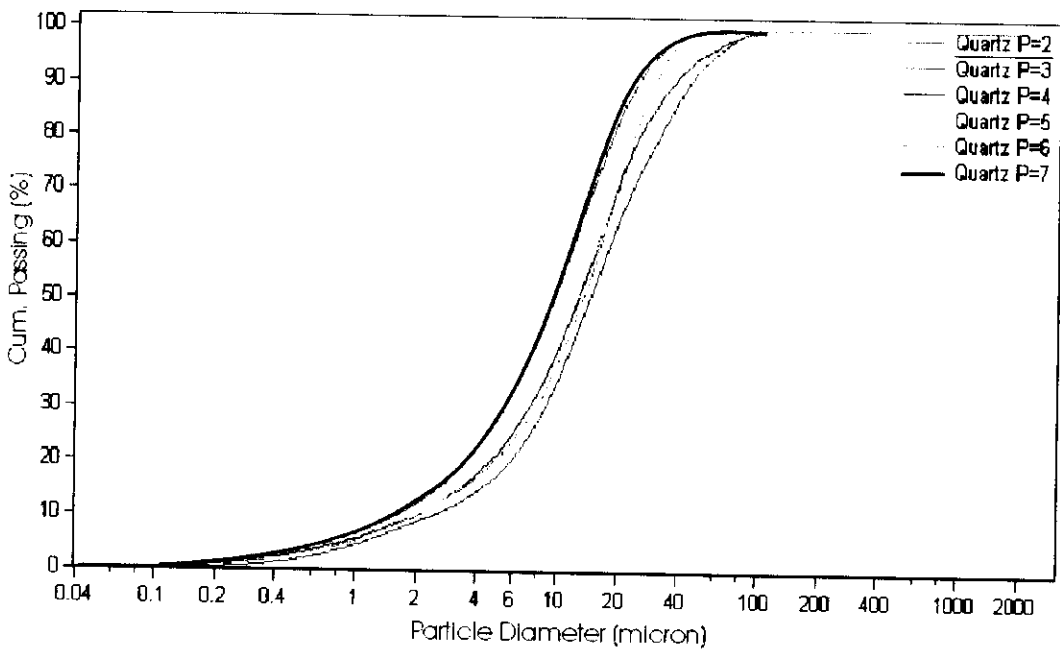
รูปที่ 3.85 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -35+65 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



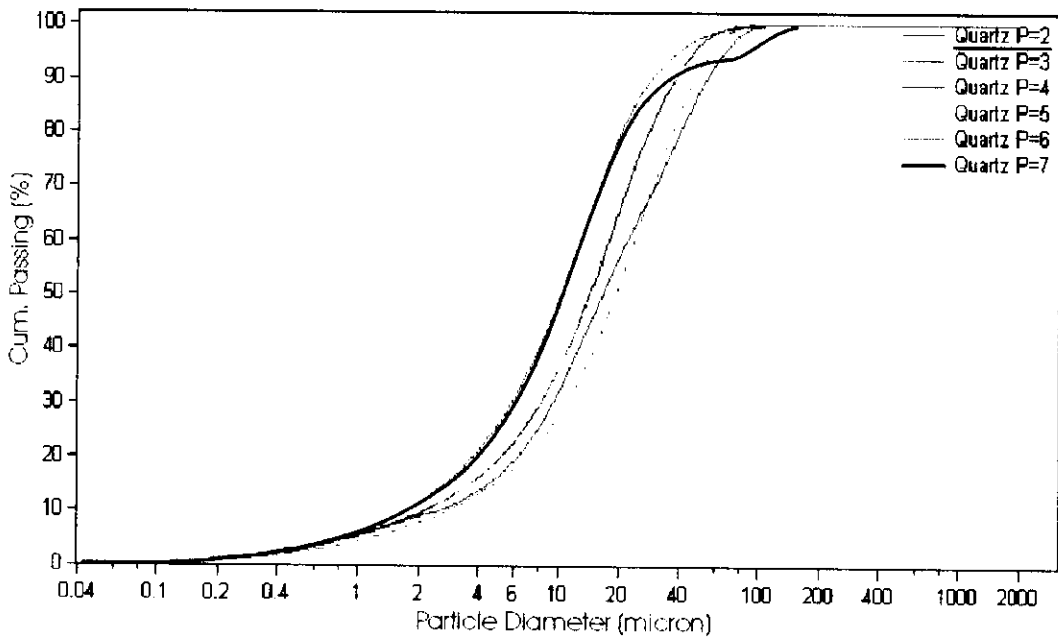
รูปที่ 3.86 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



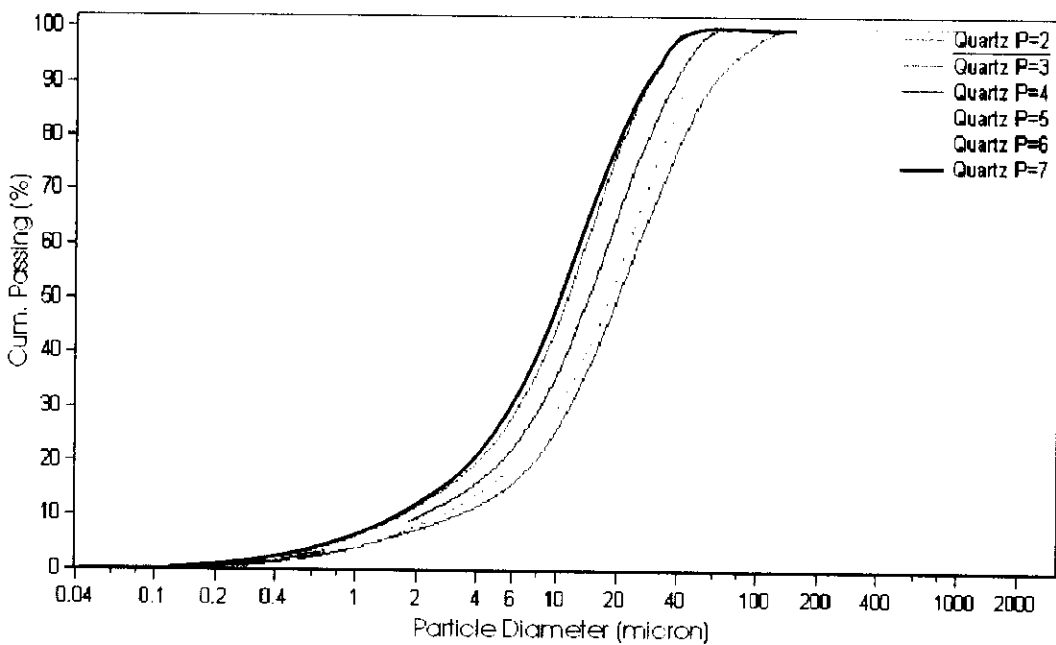
รูปที่ 3.87 การกระจายตัวของแร่ควออร์ตซ์ ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



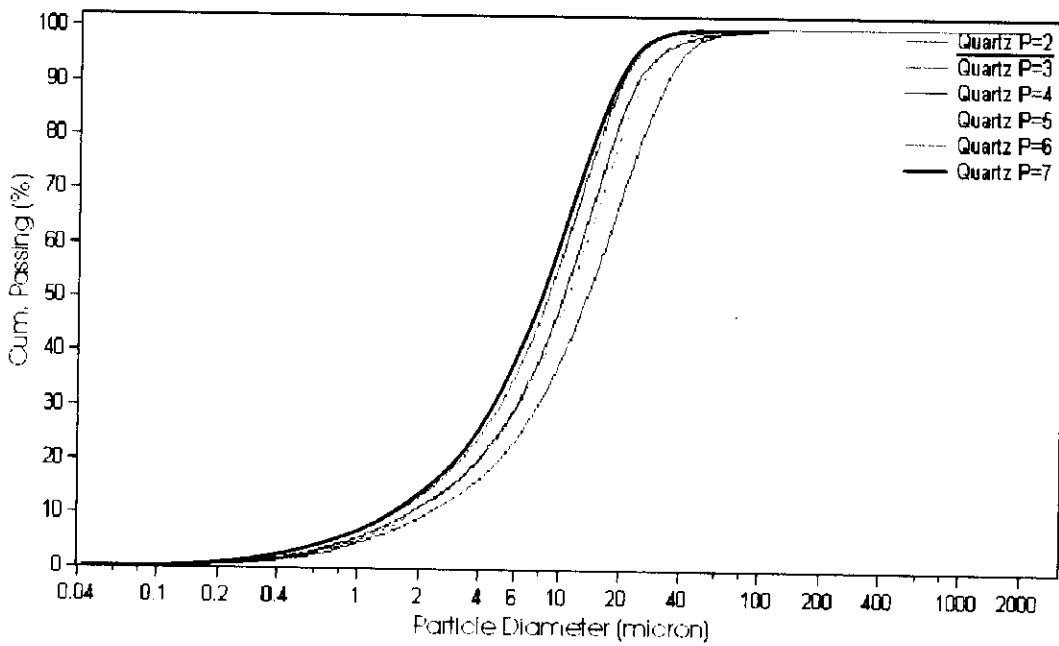
รูปที่ 3.88 การกระจายตัวของแร่ควออร์ตซ์ ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 0.7 กรัม/วินาที



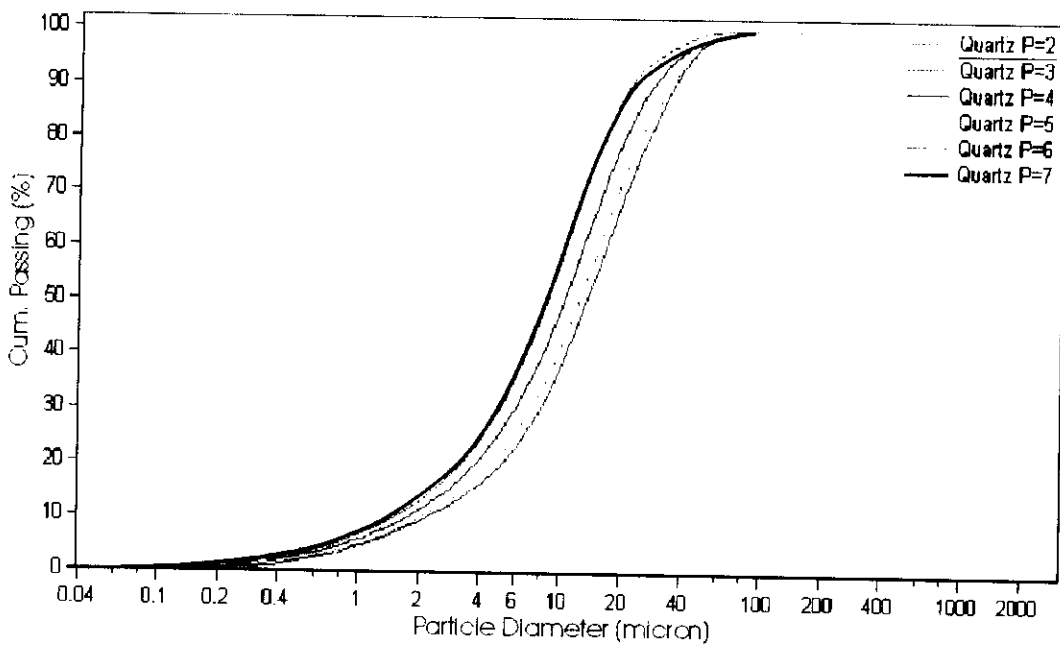
รูปที่ 3.89 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 1.0 กรัม/วินาที



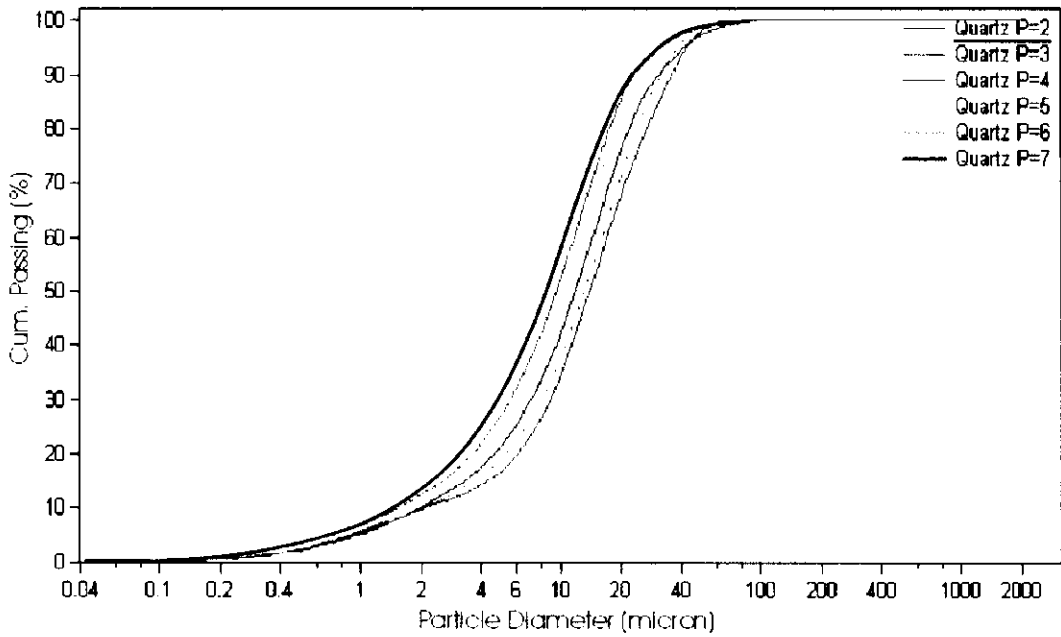
รูปที่ 3.90 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -65+100 เมช อัตราการป้อน 2.0 กรัม/วินาที



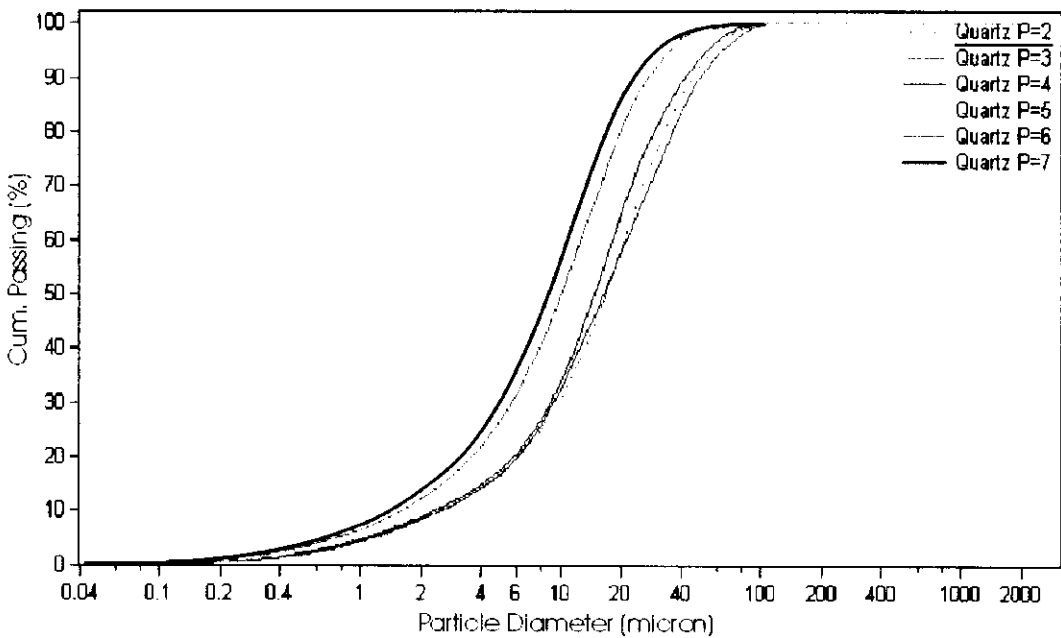
รูปที่ 3.91 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด $-100+200$ เมช อัตราการป้อน 0.2 กรัม/วินาที



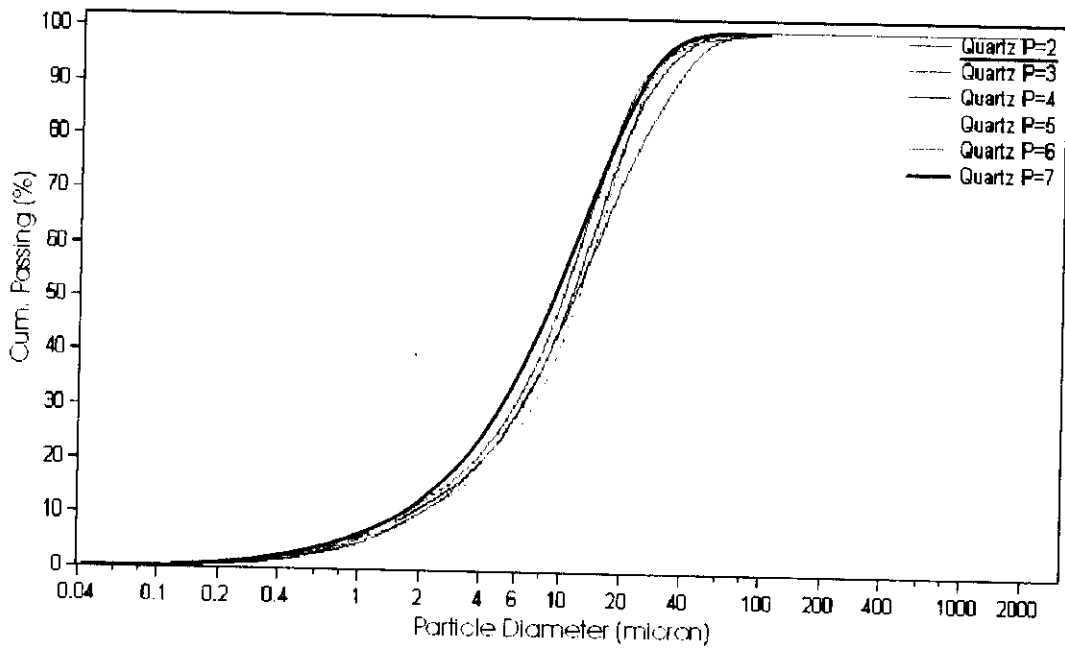
รูปที่ 3.92 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด $-100+200$ เมช อัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที



รูปที่ 3.93 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -100+200 เมช อัตราการบ่อน 0.7 กรัม/วินาที



รูปที่ 3.94 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -100+200 เมช อัตราการบ่อน 1.0 กรัม/วินาที

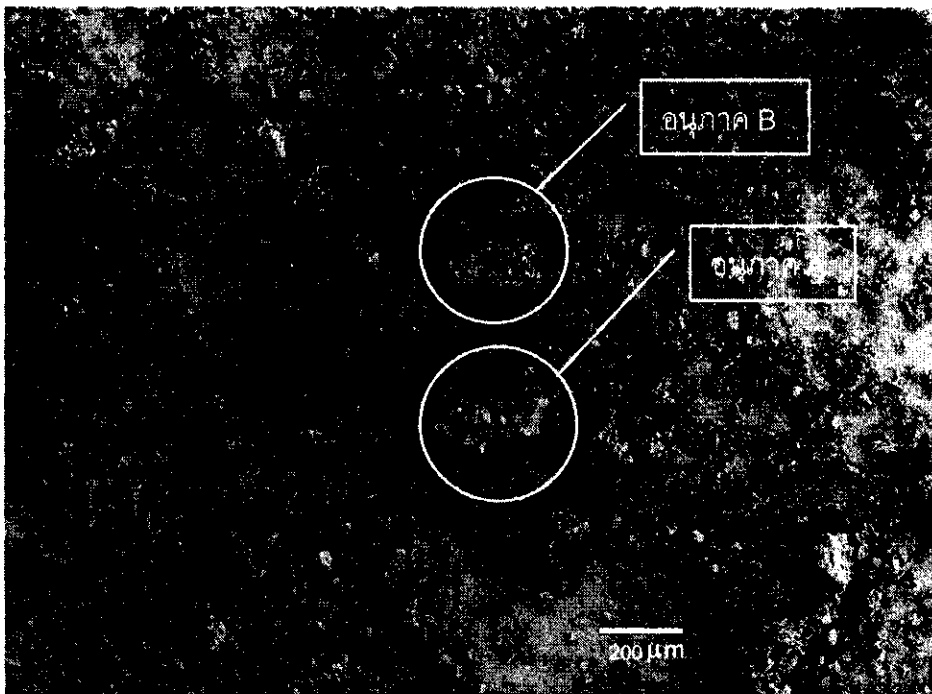


รูปที่ 3.95 การกระจายตัวของแร่ควอร์ตซ์ ขนาด -100+200 เมช อัตราการบด 2.0 กรัม/วินาที

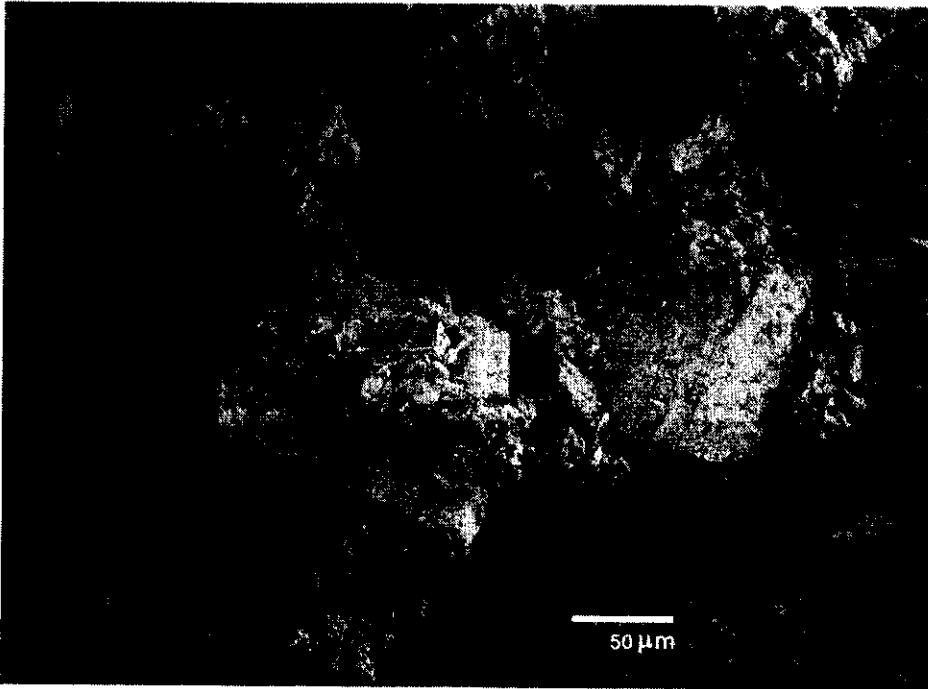
3.6 ลักษณะการแตกและการจับตัวเป็นก้อน

3.6.1 แร่ยิปซัม

ใช้ตัวอย่างแร่ยิปซัมที่ผ่านการบดโดยใช้แร่ป้อนขนาด $-35+65$ เมช ที่ความดัน 4 กก./ตร.ซม. และอัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที ไปถ่ายภาพขยายด้วยเครื่อง SEM (Scanning electron microscope) ได้ผลดังนี้ คือ รูปที่ 3.96 และ 3.97 พบว่าแร่ยิปซัมมีลักษณะการแตกเป็นแผ่นๆ ที่มีทั้งอนุภาคขนาดเล็กและมีอนุภาคขนาดใหญ่รวมอยู่ด้วยกัน และจากรูปที่ 3.98 สามารถสังเกตเห็นแนวการแตกบนผิวของอนุภาคแร่ยิปซัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแร่ยิปซัมมีการแตกตามแนว Cleavage ลักษณะการแตกเป็นแบบเส้นใย (Fibrous fracture) ทำให้การกระจายตัวไม่เป็นไปตามปกติ และทำให้มีอนุภาคบางส่วนออกจากห้องบดก่อนเวลาอันควร ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากแร่ยิปซัมมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำด้วย จึงมีบางส่วนที่ไม่หนักกลับมาสู่ไซนการบดอีกครั้ง และจากรูปทั้งสามแสดงให้เห็นว่ามีบางส่วนที่เกิดการจับตัวเป็นก้อน เนื่องจากแร่ยิปซัมเกิดการเปลี่ยนแปลงพลาสติกได้ง่ายที่ขนาด 10-20 ไมครอน (Sikong et al, 1990)



รูปที่ 3.96 ลักษณะของอนุภาคแร่ยิปซัมที่ได้จากการบด(กำลังขยาย 60 เท่า)



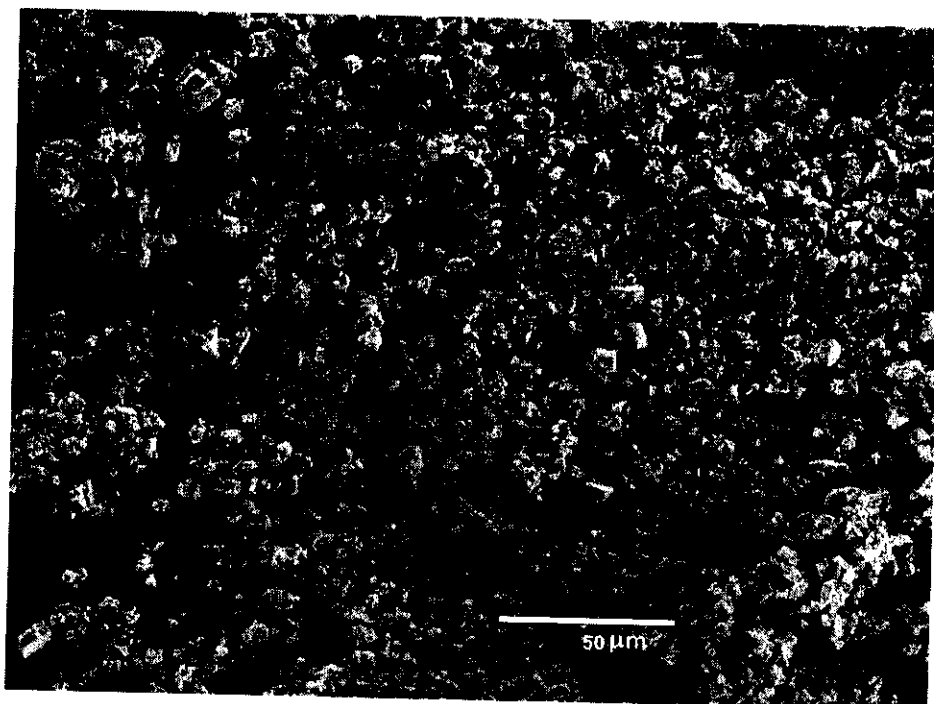
รูปที่ 3.97 ลักษณะของอนุภาคแฉะยิปซัมที่ได้จากการบด(กำลังขยาย 300 เท่า)
(อนุภาค A ในรูปที่ 3.96)



รูปที่ 3.98 ลักษณะของอนุภาคแฉะยิปซัมที่ได้จากการบด(กำลังขยาย 3000 เท่า)
(อนุภาค B ในรูปที่ 3.96)

3.6.2 แร่แบไรต์

ใช้ตัวอย่างแร่แบไรต์ที่ผ่านการบดโดยใช้แร่บ้อนขนาด $-35+65$ เมช ที่ความดัน 4 กก./ตร.ซม. และอัตราการบ้อน 0.5 กรัม/วินาที ไปถ่ายภาพขยายด้วยเครื่อง SEM (Scanning electron microscope) ได้ผลดังนี้ คือ รูปที่ 3.99 – 3.101 พบว่าแร่แบไรต์มีลักษณะการแตกเป็นก้อนสี่เหลี่ยม (Orthorhombic) ที่อนุภาคมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ มีขนาดใกล้เคียงกัน เนื่องจากการแตกตามแนว Cleavage อนุภาคแร่แบไรต์มีค่าความถ่วงจำเพาะสูง จึงทำให้ภายในไซนการบดมีปริมาณอนุภาคน้อยลง เกิดที่ว่างขึ้นทำให้ระยะการพุ่งเข้าชนของอนุภาคมีมากขึ้น จึงทำให้ได้แร่ที่มีขนาดละเอียด และยังแสดงให้เห็นว่าอนุภาคบดของแร่แบไรต์ไม่มีการจับตัวเป็นก้อน



รูปที่ 3.99 ลักษณะของอนุภาคแร่แบไรต์ที่ได้จากการบด(กำลังขยาย 500 เท่า)



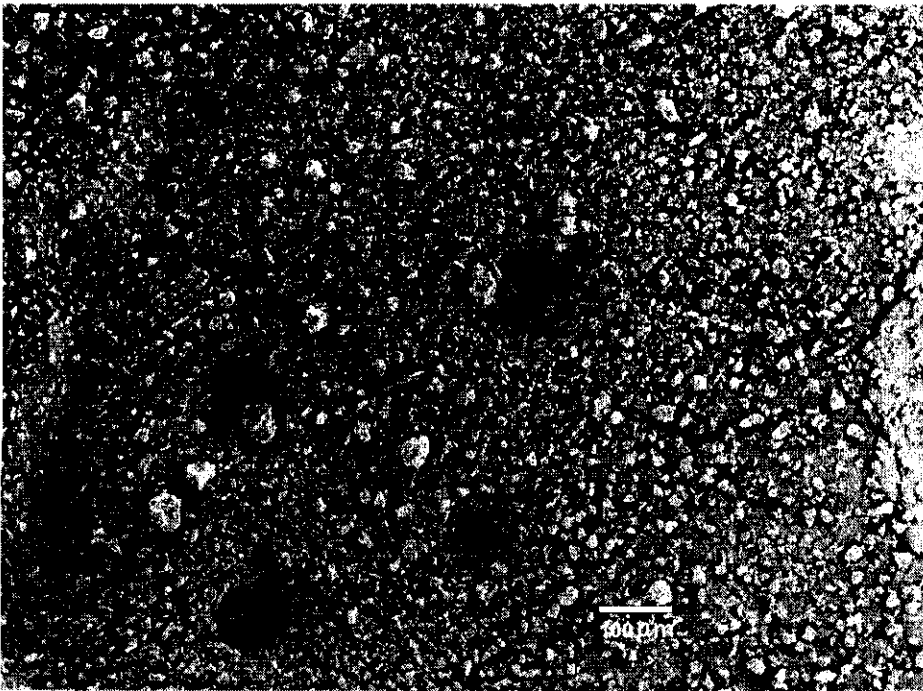
รูปที่ 3.100 ลักษณะของอนุภาคแร่แบไรต์ที่ได้จากการอบค(กำลังขยาย 1000 เท่า)



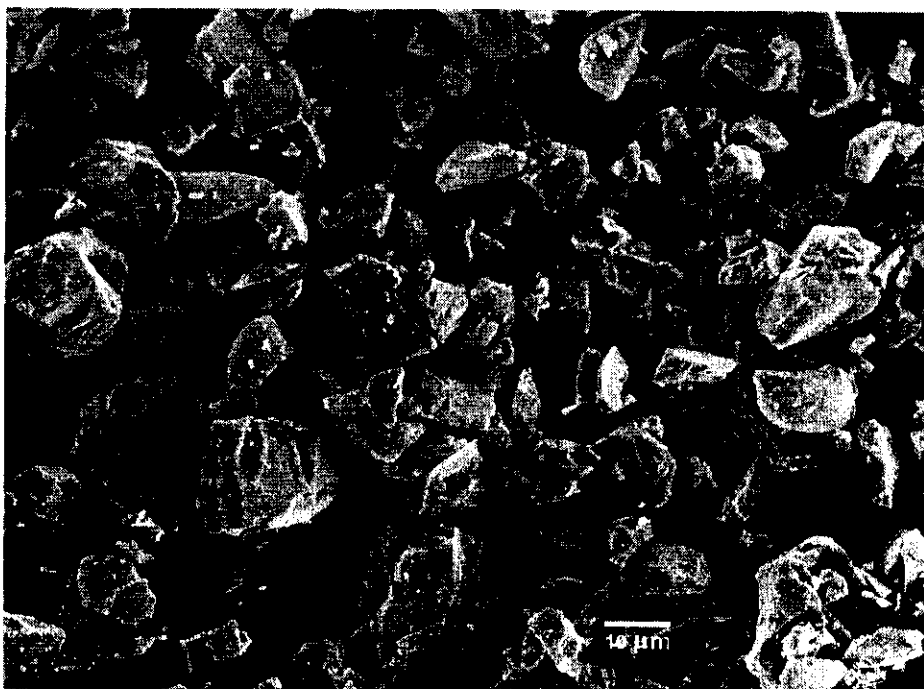
รูปที่ 3.101 ลักษณะของอนุภาคแร่แบไรต์ที่ได้จากการอบค(กำลังขยาย 8000 เท่า)

3.6.3 เฟอโรโรซิลิกอน

ใช้ตัวอย่างเฟอโรโรซิลิกอนที่ผ่านการบดโดยใช้แร่บดขนาด $-35+65$ เมช ที่ความดัน 4 กก./ตร.ซม. และอัตราการบด 0.5 กรัม/วินาที ไปถ่ายภาพขยายด้วยเครื่อง SEM (Scanning electron microscope) ได้ผลดังนี้ คือ รูปที่ 3.102 - 3.104 พบว่าเฟอโรโรซิลิกอนมีลักษณะการแตกที่มีรูปแบบไม่แน่นอน (Irregular) และแตกแบบ Shattering มีการกระจายตัวของอนุภาคช่วงกว้างกว่าแร่แบไรต์และยิปซัม ขนาดอนุภาคมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงอนุภาคขนาดใหญ่ อนุภาคของเฟอโรโรซิลิกอนมีรูพรุน แรงจากการพุ่งเข้าชนของอนุภาคลดน้อยลง จึงทำให้ได้อนุภาคที่บดได้ไม่ละเอียดเท่าที่ควร และยังคงแสดงให้เห็นว่าอนุภาคของเฟอโรโรซิลิกอนที่บดได้ไม่มีการจับตัวเป็นก้อน



รูปที่ 3.102 ลักษณะของอนุภาคเฟอโรโรซิลิกอนที่ได้จากการบด(กำลังขยาย 100 เท่า)



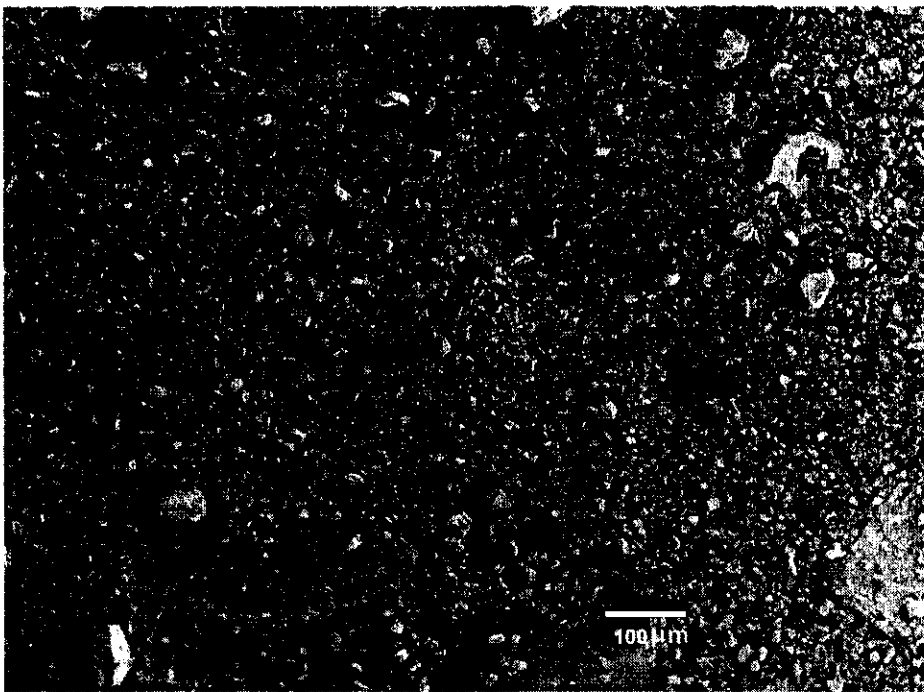
รูปที่ 3.103 ลักษณะของอนุภาคเฟอร์โรซิลิกอนที่ได้จากการอบ(กำลังขยาย 1000 เท่า)



รูปที่ 3.104 ลักษณะของอนุภาคเฟอร์โรซิลิกอนที่ได้จากการอบ(กำลังขยาย 5000 เท่า)

3.6.4 แร่ควออตซ์

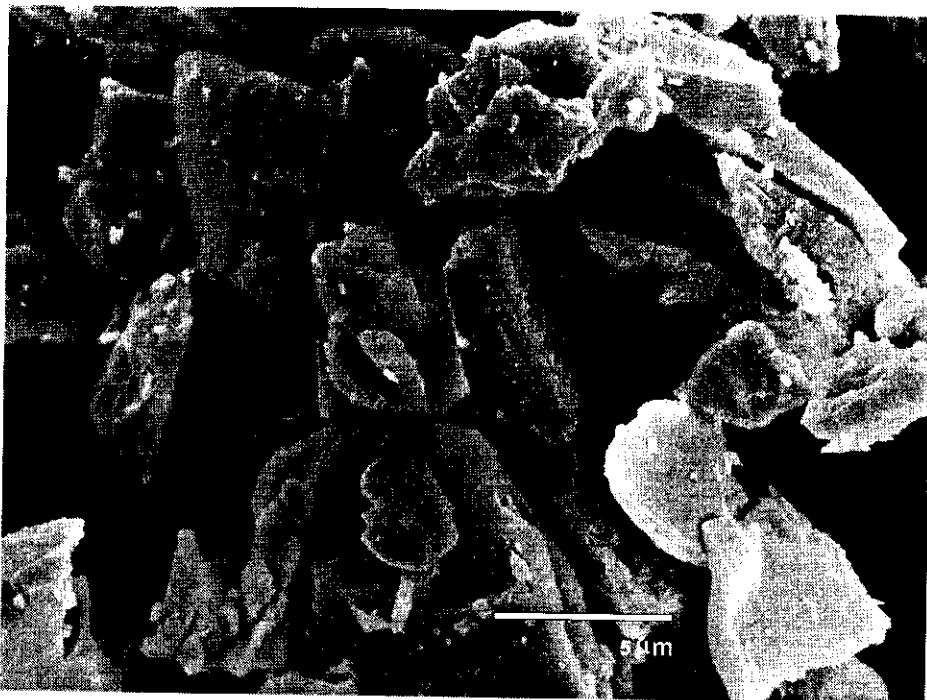
ใช้ตัวอย่างแร่ควออตซ์ที่ผ่านการบดโดยใช้แร่บ้อนขนาด $-35+65$ เมช ที่ความดัน 4 กก./ตร.ซม. และอัตราการบ้อน 0.5 กรัม/วินาที ไปถ่ายภาพขยายด้วยเครื่อง SEM (Scanning electron microscope) ได้ผลดังนี้ คือ รูปที่ 3.105 - 3.107 พบว่าแร่ควออตซ์มีลักษณะการแตกที่มีรูปแบบไม่แน่นอน (Irregular) และแตกแบบ Shattering มีการกระจายตัวของอนุภาคช่วงกว้างกว่าแร่แบไรต์และคล้ายๆกับเฟอร์โรซิลิกอน ขนาดอนุภาคมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงอนุภาคขนาดใหญ่ อนุภาคของแร่ควออตซ์มีมวลต่ออนุภาคค่อนข้างน้อย แรงจากการพุ่งเข้าชนของอนุภาคมีน้อยและเป็นแร่ที่มีความแข็งมากจึงต้องอาศัยความดันสูงๆถึงจะแตกได้ละเอียด และยังแสดงให้เห็นว่าอนุภาคของแร่ควออตซ์ไม่มีการจับตัวเป็นก้อน



รูปที่ 3.105 ลักษณะของอนุภาคแร่ควออตซ์ที่ได้จากการบด(กำลังขยาย 100 เท่า)



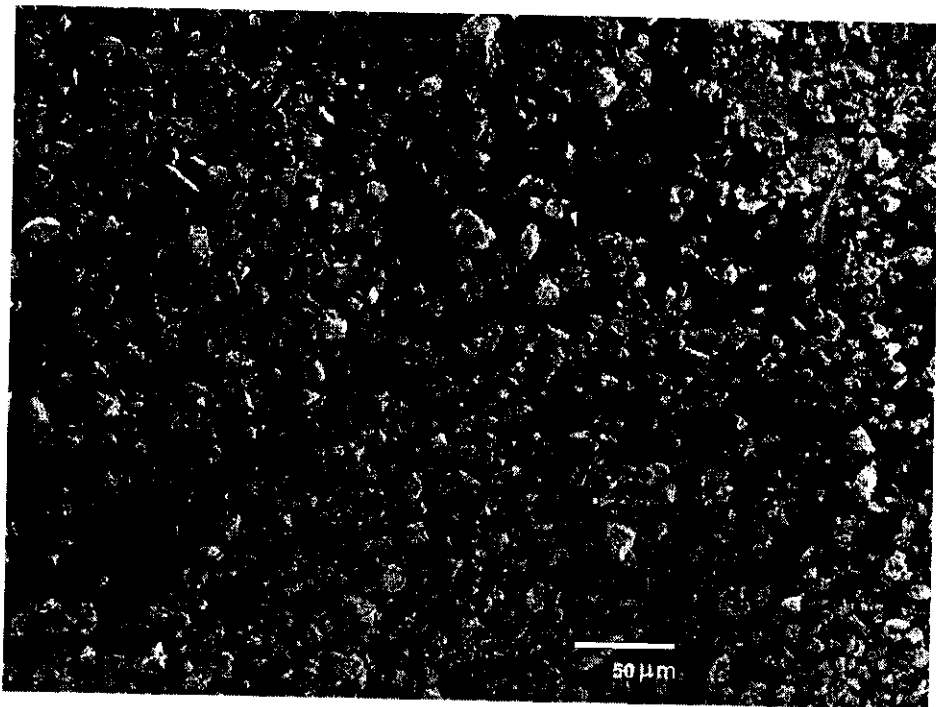
รูปที่ 3.106 ลักษณะของอนุภาคแร่ควอร์ตซ์ที่ได้จากการบด(กำลังขยาย 1000 เท่า)



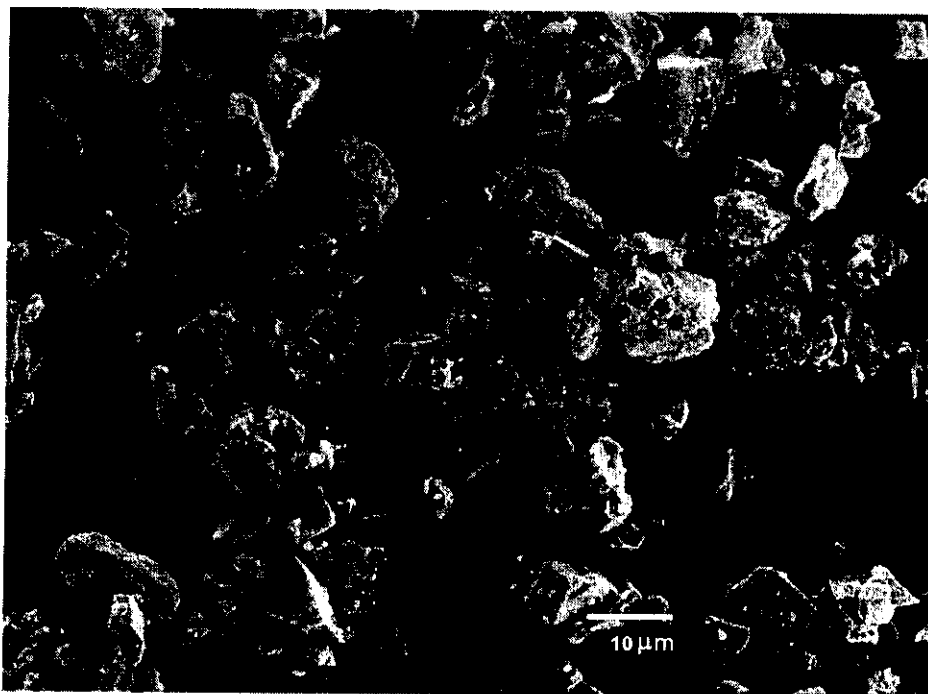
รูปที่ 3.107 ลักษณะของอนุภาคแร่ควอร์ตซ์ที่ได้จากการบด(กำลังขยาย 5000 เท่า)

3.6.5 แร่ซิลิเกต

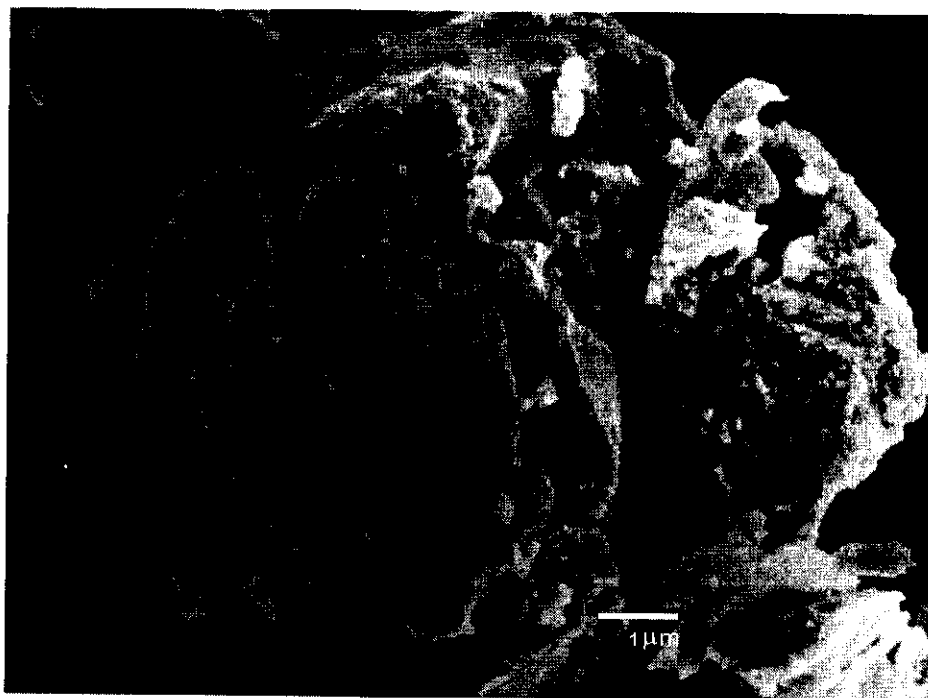
ใช้ตัวอย่างแร่ซิลิเกตที่ผ่านการบดโดยใช้แร่บดขนาด $-35+65$ เมช ที่ความดัน 4 กก./ตร.ซม. และอัตราการป้อน 0.5 กรัม/วินาที ไปถ่ายภาพขยายด้วยเครื่อง SEM (Scanning electron microscope) ได้ผลดังนี้ คือ จากรูปที่ 3.108 และ 3.109 พบว่าแร่ซิลิเกตมีลักษณะการแตกของอนุภาคเป็นแผ่นค่อนข้างเรียบ และจากรูปที่ 3.109 และ 3.110 สามารถสังเกตเห็นแนวการแตกบนผิวของอนุภาคแร่ซิลิเกต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแร่ซิลิเกตมีการแตกแบบ Shattering แต่การกระจายตัวมีขนาดใกล้เคียงกัน เนื่องจากแร่ซิลิเกตมีค่าความตึงจำเพาะสูงกว่าแร่แบไรต์เล็กน้อยแต่มีความแข็งสูงกว่า จึงมีขนาดแร่บดโดยเฉลี่ยได้มีขนาดโตกว่าแร่แบไรต์



รูปที่ 3.108 ลักษณะของอนุภาคแร่ซิลิเกตที่ได้จากการบด(กำลังขยาย 300 เท่า)



รูปที่ 3.109 ลักษณะของอนุภาคแอรูมินไนต์ที่ได้จากการอบ(กำลังขยาย 1200 เท่า)



รูปที่ 3.110 ลักษณะของอนุภาคแอรูมินไนต์ที่ได้จากการอบ(กำลังขยาย 10000 เท่า)